

CET

# BOLETIM TÉCNICO

62



## CIRCUITO FECHADO DE TELEVISÃO E VÍDEO DIGITAL

Partes I e II: História e Tecnologia

Cláudio Pires e Albuquerque de Souza





# **CIRCUITO FECHADO DE TELEVISÃO E VÍDEO DIGITAL**

**Partes I e II: História e Tecnologia**

**Cláudio Pires e Albuquerque de Souza**

**Setembro 2019**



# FICHA TÉCNICA

## **Prefeitura do Município de São Paulo**

Bruno Covas

## **Secretaria Municipal de Mobilidade e Transporte**

Edson Caran

## **Companhia de Engenharia de Tráfego - CET**

### **Presidência**

Jair de Souza Dias

### **Chefia de Gabinete da Presidência**

Edenir de Souza Carvalho Simões

### **Diretoria de Operações**

Hemilton Tsuneyoshi Inouye

### **Diretoria Administrativa e Financeira**

Roberto Lucca Molin

### **Diretoria Adjunta de Sinalização e Tecnologia**

Eduardo Cavali Jorge

### **Diretoria de Representação**

Marcelo Moraes Isiama

### **Diretoria Adjunta de Planejamento e Projeto**

Elisabete França

## **Boletim Técnico 62**

### **Superintendência de Tecnologia – STE**

Fernando Cesar dos S. Falcão

### **Gerência de Planejamento e Projetos Tecnológicos – GPT**

Marcelo Antonio Fernandes

### **Departamento de Desenvolvimento de Tecnologias – DDT**

Caio Roberto Ferreira Nahas

### **Elaboração de texto**

Cláudio Pires e Albuquerque de Souza – GPT/DDT

### **Equipe técnica - Revisão**

Alexandre Francisco Santos

Anita Perez

Denise Lima Lopes

Fábio Bisconcini Gama

Hércules Justino de Souza

João Cucci Neto

José Antônio Dias Pedroso do Carmo

Paulo Seiti Ueta

Paulo Thadeu Souza Cardoso

Sun Hsien Ming

Tadeu Leite Duarte

Virgílio dos Santos

### **Apoio**

Leonardo Zveibil – UniCET

### **Edição de texto técnico**

Ivete Oddone – GST

Heloisa H. M. Martins – GST

### **Edição**

### **Gerência de Marketing e Comunicação – GMC**

Rubens Alves Júnior

### **Diagramação**

Rafael Teruki Kanki – GMC

Ivana Steffani – GMC

### **Publicação de vídeos**

Tarcisio Capocci – GMC

Souza, Cláudio Pires e Albuquerque de

Circuito fechado de televisão e vídeo digital:  
Partes I e II: História e Tecnologia/ Cláudio Pires e  
Albuquerque de Souza, São Paulo, 2019  
251 p. : il. color.

Companhia de Engenharia de Tráfego

Boletim Técnico da CET, 62

1. Tecnologia. 2. Engenharia. 3. Eletrônica.  
4. História da tecnologia. 5. Óptica. 6. Televisão.  
7. Vídeo. 8. Câmera. 9. Lente. 10. Circuito fechado de  
televisão. 11. Monitoramento de tráfego.  
I. Título.

A coleção  
Boletins Técnicos,  
publicada pela CET desde a  
década de 1970, tem entre seus  
principais objetivos divulgar estudos e  
projetos de Engenharia de Tráfego,  
bem como difundir os trabalhos  
produzidos pela equipe técnica da CET.  
O caráter inédito e o fato de serem  
experiências de interesse nacional  
tornaram a publicação uma referência  
bibliográfica obrigatória e fonte de  
ideias e subsídios para vários  
órgãos de gestão de  
trânsito.

**SETEMBRO 2019**



# SUMÁRIO

1.	Introdução	7
<b>Parte I — Uma Breve História das Imagens em Movimento</b>		<b>10</b>
2.	Origens	10
3.	Como funciona?	12
3.1.	Visão e persistência da visão	13
4.	Pioneiros da animação	18
5.	Cinema	21
5.1	Fotografia	22
5.1.1	Da gelatina de Maddox aos rolos de Eastman	26
5.1.2	Muybridge, o homem que congelou o cavalo	29
5.1.3	Exibição	31
6.	Televisão	36
6.1	Rádio	38
6.2	Televisão mecânica	40
6.3	Televisão eletrônica analógica	45
6.4	Aperfeiçoamentos	51
6.4.1	Cores	51
6.4.1.1	Padrões de cores	54
6.4.2	Lentes	55
6.4.3	Gravação	58
6.4.3.1	Armazenamento digital	60
6.5	Televisão digital	65
6.5.1	Captação de imagem	70
6.5.2	Exibição	71
6.5.2.1	Plasma	72
6.5.2.2	Cristal líquido (LCD)	72
6.5.2.3	Telas de LED e outras tecnologias	75
6.5.2.4	Tecnologias emergentes	76
6.5.2.5	Tecnologias em 3D	79
7.	No Brasil	88
8.	Breve história do CFTV	99
8.1	Questões de privacidade — Ética e CFTV	105
<b>Parte II — Tecnologia de Vídeo Digital</b>		<b>110</b>
9.	Estruturação do projeto	110
9.1	Requisitos operacionais	111
9.1.1	Nível 1: definição das necessidades gerais	111
9.1.2	Nível 2: definição dos requisitos do CFTV	113
9.2	Operação	122
9.3	Especificações técnicas	122
9.4	Comissionamento e validação	122
10.	Iluminação	124
10.1	Níveis de luz	124
10.2	Contraste e faixa dinâmica	125
11.	Câmera	128
11.1	Lente	130
11.1.1	Distância focal	131
11.1.2	Campo visual	133
11.1.3	Lentes zoom e varifocal	135

11.1.4	Íris: abertura e número-f	138
11.2	Sensor	139
11.2.1	Sensibilidade e captação com baixa luminosidade	142
11.2.2	Obturador e taxa de quadros	145
11.2.3	Resolução da imagem	147
11.2.3.1	Resolução mínima e densidade de pixels	151
11.2.3.2	Resolução x definição	154
11.3	Processamento inteligente	154
11.4	Câmeras fixas x câmeras PTZ	156
12.	Sistemas de vídeo em rede IP	159
12.1	Sistema analógico x digital	159
12.2	Fluxo de vídeo (stream)	161
12.3	Compressão de vídeo	162
12.3.1	Formatos de compressão	165
12.4	Codificadores de vídeo (Encoders)	168
12.5	Vídeo analítico	169
12.5.1	Detecção Automática de Incidentes (DAI)	172
12.5.2	Estação de Coleta de Dados (ECD)	175
12.5.3	Leitura Automática de Placas (LAP)	176
12.5.4	Desempenho e confiabilidade	177
13.	Comunicação em rede	180
13.1	Transmissão por fio e fibras ópticas	182
13.1.1	Power over Ethernet (PoE)	184
13.2	Transmissão sem fio	184
13.3	Protocolos de transferência de dados	186
13.4	Topologias físicas de rede	186
14.	Instalação e execução do sistema	188
14.1	Condições ambientais	189
14.2	Posicionamento da câmera	191
14.3	Manutenção e treinamento	193
14.4	Eficiência do sistema	196
15.	Exibição de imagens	197
15.1	Tecnologia plasma	199
15.2	Tecnologia LCD	200
15.3	<i>Video walls</i>	205
16.	Central de operações	209
16.1	Servidor de vídeo	209
16.2	Gravação e armazenamento	210
16.3	Software de gerenciamento de vídeo	213
16.3.1	Padronização: Onvif	215
16.4	Ergonomia da sala de controle	216
<b>Conclusão</b>		<b>220</b>
<b>Bibliografia</b>		<b>223</b>
<b>Índice Remissivo</b>		<b>242</b>

# 1. INTRODUÇÃO

*Os primeiros raios de sol anunciam mais um dia quente e seco do verão mediterrâneo. Um grupo de cervos se reúne no fundo do vale em busca de água e folhas verdes. Mal percebem as sombras que se aproximam, sorradeiras, por trás das rochas e arbustos, preparando estrategicamente a emboscada. Munidos de arcos, flechas e lanças, os caçadores precipitam-se contra o bando, que, cercado, investe contra seus agressores numa corrida desesperada pela sobrevivência.*

Corta!

A cena acima poderia fazer parte do roteiro de um filme de baixo orçamento, mas ocorreu há cerca de sete mil anos, no Arco Mediterrâneo da atual Espanha. Se quiséssemos contar esta história hoje, de forma realista, poderíamos recorrer ao cinema ou vídeo. Mas, na falta de um Spielberg neolítico, nossos antepassados pré-históricos só dispunham de um meio para preservar sua memória, além da pouco confiável tradição oral: as artes gráficas, como gravuras rupestres, cerâmicas, roupas, adereços etc.

Pouco desta arte resistiu à passagem dos milênios, mas algumas pinturas rupestres permanecem relativamente bem conservadas, como as de Altamira, na Espanha e Lascaux, na França. As mais notáveis, como as da Figura 1, conseguem transmitir com incrível realismo todo o movimento e a tensão da cena descrita no início deste texto, pouco devendo às técnicas do cinema moderno.

A arte rupestre podia ter finalidade decorativa ou religiosa, mas também — e principalmente — de contar histórias. Num mundo ágrafo, em que as histórias contadas oralmente se perdiam no vazio do tempo, as gravuras em rochas, feitas geralmente com carvão, sangue, argila ou até excrementos de morcegos, serviam para atender à necessidade humana de contar histórias e preservar sua memória. É até possível imaginar a cena dos mais valentes caçadores, sob a luz da fogueira, contando seus heroicos atos de bravura (e bravatas), acompanhados de gestos e mímica para encenar a dramaticidade necessária.

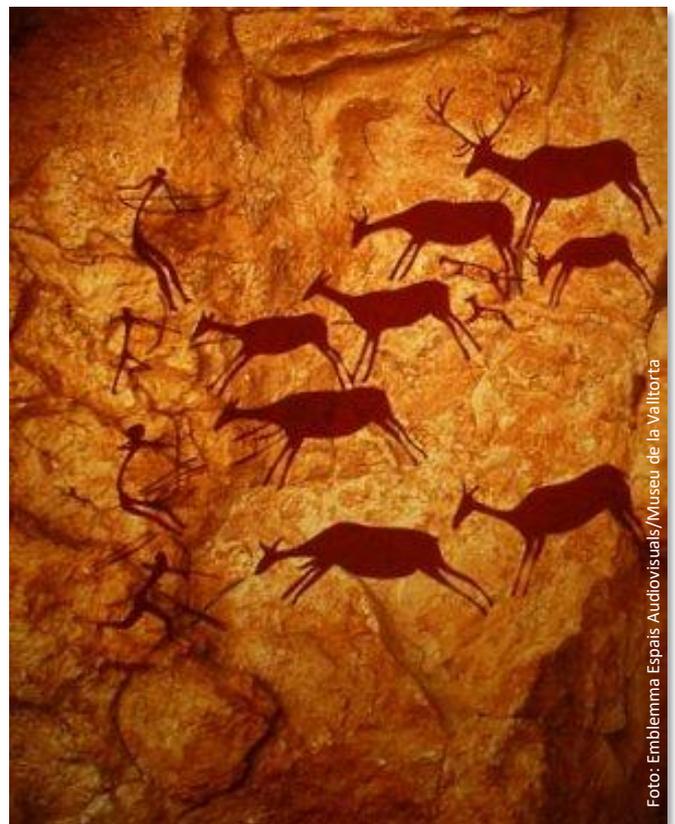


Figura 1. "Cena de Caça", c. 5000 a.C. — Pintura rupestre na Cueva de los Caballos de La Valltorta, Espanha.

Contar histórias ou mostrar o mundo real com imagens em movimento da forma mais natural possível sempre foi uma necessidade humana desde tempos imemoriais, parcialmente suprida pelas artes gráficas ou pela escrita, mas nada que pudesse se comparar às imagens realistas que o cinema e o vídeo proporcionam.

Atualmente, imagens captadas por câmeras fotográficas, de cinema ou de vídeo estão tão presentes em nossas vidas que já nem nos damos conta. Não é exagero dizer que as câmeras mudaram nossa forma de

ver e de compreender o mundo e o próprio mundo em si. Câmeras chegam onde nenhum humano esteve ou estará. Hoje, temos câmeras em Marte e nos confins do Sistema Solar. Temos câmeras em crateras de vulcões e no fundo dos oceanos. Instaladas em robôs, ajudam a desarmar bombas e a controlar vazamentos radioativos como o da usina de Fukushima, no Japão, atingida por um maremoto em 2011. Hoje é possível conhecer a face oculta da Lua, ver a esfera terrestre a partir do espaço e o rosto de um bebê dentro do útero, coisas impensáveis para nossos antepassados.

Do infinitamente pequeno ao infinitamente grande: imagens por difração de raios X obtidas em 1952 pela química inglesa Rosalind Franklin (1920–58) revelaram a estrutura em dupla hélice da molécula de DNA, e imagens de câmera acoplada a um telescópio permitiram ao astrônomo americano Edwin Hubble (1889–1953) concluir que o universo está em expansão, base da teoria do *Big Bang*, de 1946. Fotos do eclipse solar de 1919, em Sobral, no Ceará, ajudaram a comprovar a Teoria da Relatividade de Einstein.

Fotos e vídeos também ajudaram a mudar e moldar a história. Em 1890, fotos do jornalista dano-americano Jacob Riis (1849–1914) tiradas dentro de favelas e cortiços e publicadas no livro *How the Other Half Lives: Studies among the Tenements of New York* (*Como Vive a Outra Metade: Estudos entre os Cortiços de Nova York*, em tradução livre) levaram as autoridades da cidade a criar leis muito mais rigorosas, possibilitando moradias mais dignas à população carente. Pelo mesmo caminho seguiu a fotojornalista americana Dorothea Lange (1895–1965) ao retratar os efeitos da Grande Depressão da década de 1930 (Figura 2). Fotos de prisioneiros famélicos provaram a existência dos campos de extermínio nazistas na Segunda Guerra Mundial. Fotos de crianças fugindo de bombardeios de napalm, captadas pelo fotógrafo vietnamo-americano Nick Ut (1951) em 1972, ajudaram a mudar a opinião pública americana, que passou a se opor à Guerra do Vietnã.



Dorothea Lange/ Prints and Photographs division, Biblioteca do Congresso dos EUA/ Time Magazine

Figura 2: “Mãe Migrante” (1936): retrato icônico da Grande Depressão americana.

Câmeras flagraram os acidentes do dirigível Hindenburg, em 1937, e do ônibus espacial Challenger, em 86; o assassinato de John Kennedy, em 1963, e o acidente de Ayrton Senna, em 94. Os atentados de 11 de setembro de 2001 e a conquista do penta, em 2002. Casos de corrupção política são flagrados quase diariamente por câmeras ocultas.

É inegável a influência das imagens captadas por câmeras nas ciências, na política, no jornalismo, na cultura e na vida cotidiana. Como imaginar o mundo atual sem televisão?

Este texto tem por objetivo familiarizar o leitor com o universo do vídeo digital em rede, em especial com as aplicações atuais e futuras para monitoramento de tráfego, e surgiu da necessidade de se modernizar, padronizar e unificar os diversos componentes de CFTV (Circuito Fechado de Televisão) utilizados pela Companhia de Engenharia de Tráfego — CET — de São Paulo.

Embora o vídeo digital seja uma tecnologia complexa, vamos tratar o assunto com uma linguagem mais próxima ao leitor não especializado, sem, no entanto, perder a precisão técnica necessária, sem a qual este texto seria inútil. Para tanto, dividimos o texto em duas partes:

**PARTE I — UMA BREVE HISTÓRIA DAS IMAGENS EM MOVIMENTO.** Trata da evolução das tecnologias de vídeo. Ajuda a entender por que os sistemas atuais são como são, uma herança de suas origens. Muito além de uma simples curiosidade, aqui serão apresentadas muitas das definições das características técnicas e conceitos que serão utilizados na Parte II.

**PARTE II — TECNOLOGIA DE VÍDEO DIGITAL.** Trata da tecnologia por trás dos componentes do vídeo digital. Tem como finalidade ajudar a entender e dimensionar as características necessárias para a elaboração de um projeto de vídeo digital.

# PARTE I — UMA BREVE HISTÓRIA DAS IMAGENS EM MOVIMENTO

## 2. ORIGENS

Quatro mil anos separam as duas imagens ao lado. Ressalvadas as diferenças de estilo, pouca coisa parece ter mudado ao longo dos últimos quarenta séculos. Ao contrário, as duas imagens chamam a atenção mais por suas semelhanças do que pelas diferenças.

Ambas mostram uma cena de ação na forma de uma sequência de imagens em ordem lógica. A primeira (Figura 3), é um desenho reproduzindo o mural encontrado na tumba do governador Baqet III, no antigo cemitério egípcio de Beni Hasan, que exibe desenhos de dois jovens demonstrando técnicas de luta. A segunda (Figura 4), é um trecho do *storyboard* do designer gráfico americano Saul Bass (1920–96) para o filme *Psicose*, de Alfred Hitchcock (1899–1980). A principal diferença é que em 1960, ano da realização do filme, as técnicas para transformar uma sequência de imagens isoladas em uma imagem com sensação real de movimento já estavam perfeitamente dominadas.

A ideia de uma série de imagens ligeiramente diferentes entre si, vistas em rápida sequência para dar a sensação de movimento não é nova, como provam os contemporâneos do finado Baqet III.

O italiano Leonardo da Vinci (1452–1519), em seus *Estudos Anatômicos dos Músculos do Pescoço, Ombro, Peito e Braço*, desenhou detalhes anatômicos do corpo humano em sequência, dando ao observador a sensação de um giro tridimensional em torno da parte retratada graças a pequenas mudanças de um desenho para outro (Figura 5).

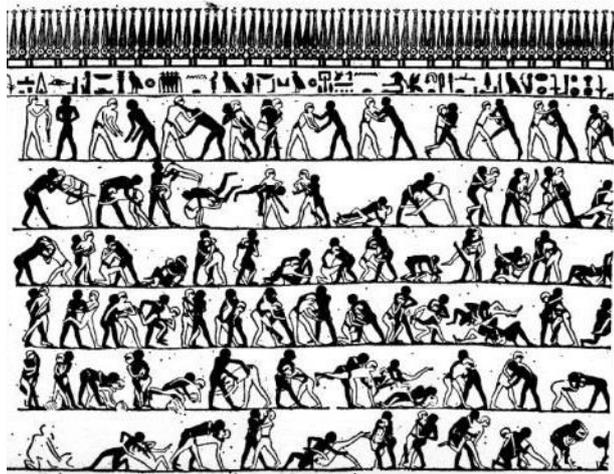


Figura 3. Mural retratando técnicas de luta na tumba de Baqet III (c. 2000 a.C.) no cemitério de Beni Hasan, Egito.

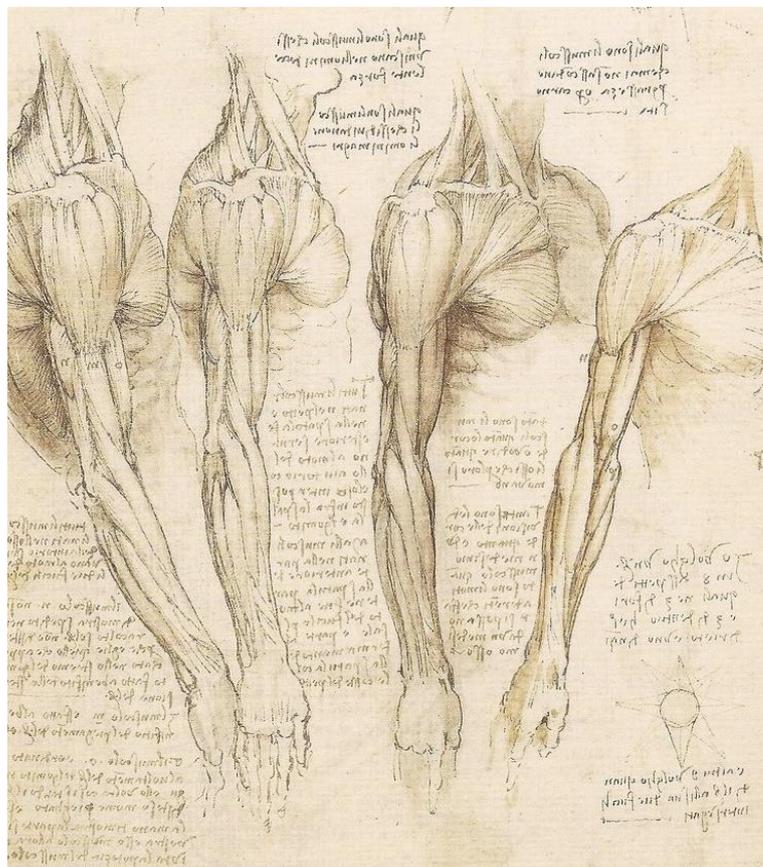


Figura 4. Storyboard de Saul Bass para a famosa cena do chuveiro do filme *Psicose*, de Alfred Hitchcock, 1960.

Jornal "Hufvudstadsbladet", Finlândia/Wikimedia Commons

Desenho: Saul Bass

Embora o conhecimento teórico para se criar uma imagem em movimento já existisse, faltavam equipamentos e técnicas necessários para capturar e mostrar o movimento real. Estes equipamentos começaram a surgir somente no século XIX.



Atlas Obscura, editada pelo autor

Figura 5. Estudo anatômico de Leonardo da Vinci (c. 1510): sensação de movimento tridimensional.

Mas, antes de falar disso, precisamos entender como funciona o mecanismo que permite perceber imagens em movimento.

### 3. COMO FUNCIONA?

Qualquer sistema de vídeo moderno, para ser considerado completo, é composto de, no mínimo, quatro elementos: captação (câmera), transmissão (cabo, antena, fibra óptica etc.), visualização (televisão, monitor, projetor etc.) e armazenamento (filme, fita magnética, DVD, Blu-ray, disco rígido, memória digital etc.).

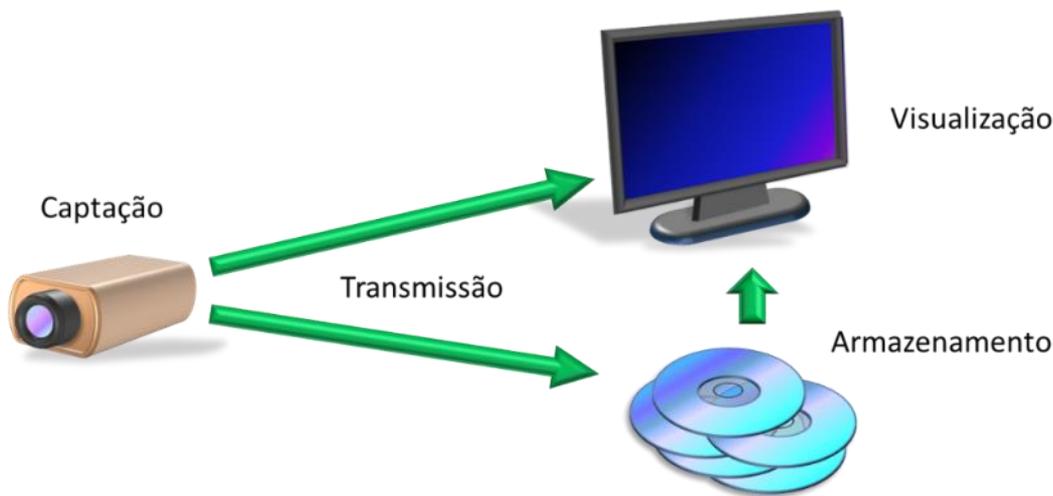


Figura 6. Os quatro elementos básicos de um sistema de vídeo.

A evolução das tecnologias de imagens em movimento parece ter sido uma nova corrida de alquimistas e filósofos modernos em busca do domínio dos novos quatro elementos. Como a história quase nunca transcorre em linha reta, esta corrida testou vários caminhos, que se separavam em alguns pontos, se (re)encontravam em outros, sofriam desvios e, às vezes, morriam em algum ponto. (Alguém ainda se lembra do daguerreótipo [!], do praxinoscópio [!!], do fenacístoscópio [!!!], do Super-8, ou ainda das fitas Betamax, do LaserDisc e do HD-DVD?)

O desenho animado, por exemplo, dominava a técnica da exibição e do armazenamento, mas não a da captação (por isso as imagens precisavam ser desenhadas). A fotografia resolveu o problema da captação, mas não o da exibição da imagem em movimento. A junção do desenho animado com a fotografia resultou na invenção do filme de cinema (captação, exibição e armazenamento), mas não resolveu o problema da transmissão (o rolo de filme tinha que ser transportado ao local de exibição). A invenção da televisão resolveu a questão da transmissão da imagem, mas não a do armazenamento, pois, no início, só eram possíveis transmissões de TV ao vivo. Somente na década de 1950, com o desenvolvimento da fita magnética de vídeo, os quatro elementos se completaram.

Até este momento, não estamos fazendo muita distinção entre as várias tecnologias de imagens em movimento, como cinema e vídeo. Embora os princípios e o resultado final sejam parecidos, os meios utilizados são completamente diferentes. Enquanto o cinema é resultado da química e da mecânica, o vídeo é produto tipicamente eletrônico. Mas não houve um momento na história em que alguém pensou: “quero inventar o cinema” ou “quero inventar o vídeo”. Os inventores e cientistas do passado queriam simplesmente criar uma forma de exibir imagens em movimento. O meio utilizado (mecânico, químico, eletrônico) foi apenas o resultado natural de suas descobertas e da evolução tecnológica em outras áreas. Porém, os quatro elementos que compõem um sistema de imagens em movimento seriam inúteis sem o quinto e mais importante de todos: **o cérebro**.

### 3.1. VISÃO E PERSISTÊNCIA DA VISÃO

Na Grécia Antiga, havia duas correntes que tentavam explicar o funcionamento da visão.

A primeira e mais popular, chamada *Teoria da Emissão*, sustentava que os olhos emitiam raios em direção ao objeto visualizado. O filósofo grego Empédocles (c. 490–430 a.C.) estabeleceu a teoria de que o mundo era feito de quatro elementos: terra, fogo, água e ar. Ele acreditava que a deusa Afrodite fizera o olho humano com os quatro elementos e criara a visão ao acender o fogo dentro dele. Mitologia à parte, se fosse assim, enxergaríamos no escuro tão bem quando num dia de sol. Empédocles, então, propôs que haveria algum tipo de interação entre os raios emitidos pelo olho e os raios de uma fonte de luz como o Sol. Sábios do porte de Platão (428 ou 427–348 ou 347 a.C.), Cláudio Ptolomeu (c. 90–c. 168) e do matemático Euclides (360–295 a.C.), compartilhavam desta ideia. Apesar de disparatada, esta teoria mantém-se viva mesmo nos tempos atuais por ser mais intuitiva. Um estudo feito em 2002<sup>1</sup> concluiu que 50% dos estudantes universitários americanos também acreditavam na Teoria da Emissão. Jerry Siegel e Joe Shuster, criadores do *Superman*, aparentemente, também. Criado em 1933, o herói americano dispunha de visão de raios X, que disparava de seus olhos. Talvez isto seja possível para os kryptonianos, mas não entre terráqueos.



Michael Bradley / DC Comics

Figura 7. Teoria da Emissão: só no planeta Krypton.

A antagônica *Teoria da Intromissão*, defendia que “algo” representando o objeto *entrava* no olho. Aristóteles (384–322 a.C.) e o médico romano Galeno (129–c. 200) eram seus principais defensores. Apesar de ser mais condizente com as teorias atuais (v. capítulo 6.4.1), era apenas especulação, sem se basear em experimentos científicos.

Ambas as teorias se baseavam na ideia de que “os semelhantes se reconhecem” e, portanto, na noção de que o olho era composto de um “fogo interno” que interagia com um “fogo externo” da luz visível. Platão afirma isso em seu diálogo *Timeu* e Aristóteles em *Da Sensação e do Sensível*.

Lucrécio (c. 99–c. 55 a.C.), poeta e filósofo romano, seguidor dos primeiros atomistas gregos, escreveu: “A luz e o calor do Sol são compostos de minúsculos átomos que são lançados instantaneamente no espaço de ar na direção transmitida pelo impulso”<sup>2</sup>. Embora tenha semelhanças com a descrição dos fótons na moderna Física de partículas, teve pouca aceitação pela maioria dos seus contemporâneos, que preferiam a Teoria da Emissão. E assim continuou pelos mil anos seguintes, até ser demolida pelo *Tratado de Óptica* de Alhazen (v. capítulo 5.1). Mas nenhuma dessas teorias tentava explicar como percebemos o **movimento**.

<sup>1</sup> WINER G.A., Cottrell J.E., Gregg V., Fournier J.S., Bica L.A. Fundamentally misunderstanding visual perception. Adults' belief in visual emissions. June-Jul. 2002. Abstract disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12094435?dopt=Abstract>>. Acesso em: jan. 2014.

<sup>2</sup> EMISSION theory (vision). In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Emission\\_theory\\_\(vision\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Emission_theory_(vision))>. Acesso em: jan. 2014.

Como já mencionado aqui, a ideia de movimento se dá pela rápida sucessão de imagens, com pequenas alterações de uma para outra.



Blair/Walter T. Foster

Figura 8. Detalhe do estudo de Preston Blair para caminhada em animação (c. 1950).

Embora este princípio já fosse conhecido por Euclides e, mais tarde, por Isaac Newton (1643–1727), que chegou a fazer alguns experimentos, foi somente em 1824 que o físico britânico Peter Mark Roget (1779–1869) tentou explicá-lo cientificamente no artigo *Explanation of an optical deception in the appearance of the spokes of a wheel when seen through vertical apertures* (Explicação de uma ilusão de óptica em relação à aparência dos raios de uma roda quando vistos através de aberturas verticais). O exemplo citado por Roget é até hoje conhecido no jargão do cinema como “efeito roda de carroça”, em que a roda parece estar parada ou girando para trás, enquanto a carroça se desloca lateralmente na tela. A teoria de Roget, conhecida na época como “Persistência da Visão”, está parcialmente desacreditada hoje, mas influenciou o desenvolvimento do taumatrópio, do fenacístoscópio e do zootrópio (v. capítulo 4).

Segundo sua teoria, a retina humana é capaz de reter uma imagem por uma fração de segundo após o seu desaparecimento ou deslocamento. Em 1829, o físico belga e inventor do fenacístoscópio Joseph Plateau (1801–83) calculou este tempo em cerca de  $1/24$  segundo (0,04 s) e estimou que, para que uma série de imagens dê a sensação de movimento, seria necessário que se sucedessem a uma razão de dez por segundo, o que hoje chamaríamos de dez **quadros por segundo** (*fps*, na sigla em inglês). Estes valores são aceitos até hoje.

Essa característica da visão humana estudada por Roget e Plateau é conhecida como *persistência da visão* ou *persistência retiniana* e é sobre ela que se baseiam quase todas as formas de animação, cinema e vídeo.

No mundo natural, os movimentos são contínuos e não o resultado de uma série de imagens fixas. A Teoria da Persistência da Visão foi uma contribuição importante no desenvolvimento do cinema e da animação, mas não é suficiente para explicar como uma sequência de imagens é capaz de “enganar” o cérebro, pois é principalmente neste órgão, e não nos olhos, que o fenômeno acontece.

Vamos observar a sequência de imagens abaixo, em que o jogador Fred demonstra como *não* se deve cobrar um pênalti:

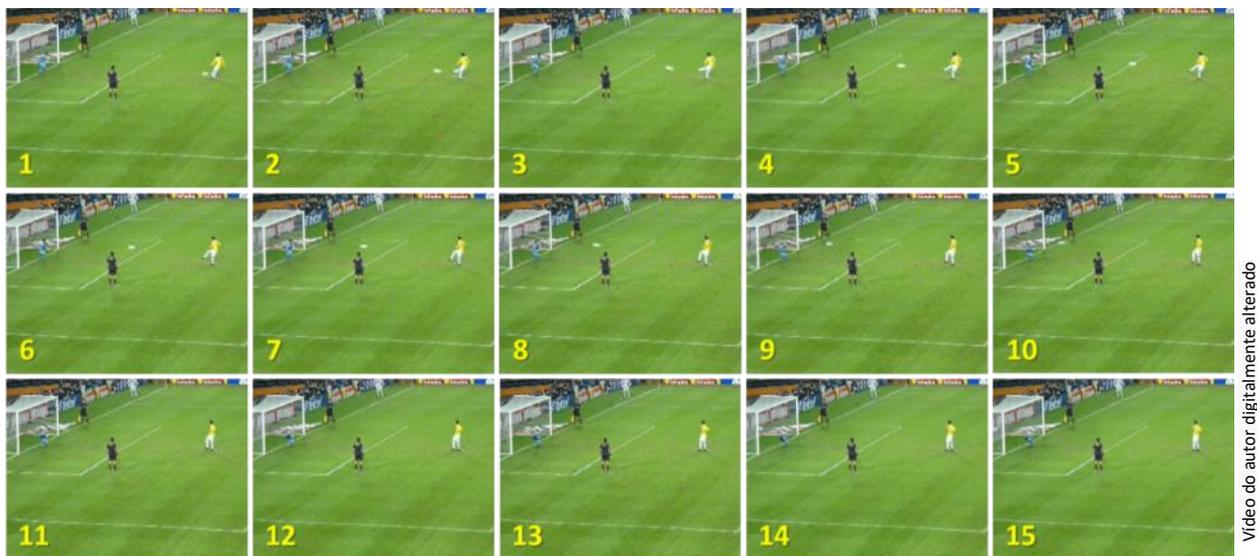


Figura 9. Jogador Fred desperdiça o quarto pênalti do Brasil contra o Paraguai na Copa América de 2011, La Plata, Argentina.

A sequência acima foi gravada a uma taxa de trinta quadros por segundo. Portanto, a série de quinze quadros acima teve a duração de apenas meio segundo, que é o tempo de que o goleiro dispõe para tentar evitar o gol (veja o vídeo neste [link](#)<sup>3</sup>).

Segundo a Teoria da Persistência da Visão, interpretada literalmente, deveríamos ver a cobrança do pênalti mais ou menos assim:



Figura 10. Cobrança do pênalti segundo a Teoria da Persistência da Visão.

Veríamos várias bolas simultaneamente em todos os quadros, apagando-se aos poucos enquanto a imagem persistisse na retina. (De fato, víamos algo assim nos primeiros monitores de LCD, mas isto se devia muito mais às deficiências da nova tecnologia do que ao efeito da persistência da visão.) O que vemos (ou pensamos ver), em vez disso, é uma bola percorrendo, suave e continuamente, uma curva parabólica até morrer na linha de fundo, para alívio do goleiro paraguaio.

Para compreender melhor o que aconteceu (no vídeo, não dentro de campo), vamos fazer uma sobreposição dos quadros 7 e 8 da Figura 9 (v. Figura 11). Usando o juiz como ponto de referência, vemos que no quadro 7 a bola aparece à direita de sua cabeça. No quadro 8, ela já está quase um metro à esquerda. No meio deste metro não há nada, está vazio. A bola não pode ter simplesmente desaparecido no quadro 7 para se materializar magicamente no quadro seguinte. Isto talvez seja possível no campo da física quântica, mas não no campo de futebol.

<sup>3</sup> Vídeo em <<https://youtu.be/oKBeAeOavVk>>.

Claro que a bola não desapareceu. Apesar de não haver nenhuma bola entre os quadros 7 e 8, nosso cérebro sabe que bolas não desaparecem e reaparecem do nada e trata de preencher as lacunas, deduzindo que a bola está em movimento. Assim, a sequência intermitente não natural gerada pela câmera é interpretada pelo cérebro como um movimento natural.

Situação semelhante ocorre quando piscamos os olhos. Um adulto pisca, em média, dez vezes por minuto, e cada piscadela dura, no mínimo, 100 milissegundos. Isto significa que, somando as piscadas, ficamos, pelo menos, um minuto com os olhos fechados a cada hora, sem nos darmos conta.

Nem por isso deixamos de perceber os movimentos do mundo ao redor de forma contínua. Na fração de segundo em que os olhos estão fechados, o cérebro preenche a lacuna com uma imagem “inventada”, calculada a partir da última imagem captada.

O psicólogo tcheco Max Wertheimer (1880–1943), um dos pais da Psicologia Gestalt, apresentou em 1912 uma explicação que é aceita até hoje. Segundo Wertheimer, a percepção do movimento se deve a duas ilusões distintas: o *fenômeno fi* e o *movimento beta*.

O fenômeno fi ( $\phi$ ) é uma ilusão do cérebro e dos olhos que nos permite perceber um movimento constante em vez de uma sequência de imagens. Nós recebemos uma informação inexistente entre uma imagem e outra (como a bola no vazio entre os quadros 7 e 8), que cria a ilusão de um movimento suave. No exemplo da Figura 12 (v. imagem animada neste [link](#)<sup>4</sup>), as bolas lilás vão desaparecendo e reaparecendo sucessivamente; ao fixarmos a visão no centro da figura, o vazio deixado pela bola que desaparece dá a ilusão de uma mancha movendo-se em círculos, causada pela persistência retiniana.

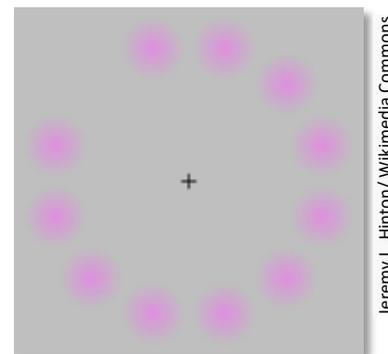


Figura 12. Fenômeno fi.

Jeremy L. Hinton/ Wikimedia Commons

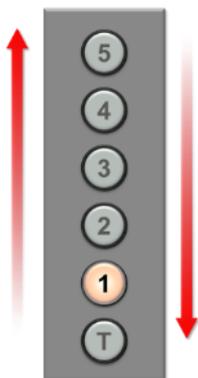


Figura 13.  
Movimento beta.

No caso do movimento beta ( $\beta$ ), a ilusão é de que imagens fixas parecem se mover, mesmo quando a imagem não se move. Um exemplo clássico é o dos letreiros nas marquises dos cinemas e teatros, em que luzes parecem girar em torno do letreiro (v. exemplo neste [link](#)<sup>5</sup>). O exemplo da Figura 13 mostra um painel de elevador, em que os círculos numerados vão se acendendo e se apagando sucessivamente dando a sensação de subir e descer, como a própria cabine do elevador. No caso do letreiro de cinema, o efeito é mais convincente por ser mais rápido do que o elevador.

Apesar de ambos provocarem a sensação de movimento, o fenômeno fi pode ser considerado um movimento aparente causado por impulsos luminosos em sequência, enquanto que o movimento beta é um movimento aparente causado por impulsos luminosos estacionários. A diferença é sutil, e pode ser mais bem compreendida com os exemplos apresentados em alguns dos links a seguir:

<sup>4</sup> Imagem animada em <<https://youtu.be/mmemzUNIOKq>>.

<sup>5</sup> Animação em <<https://youtu.be/RiyREpJKoPs>>.

<[www1.psych.purdue.edu/Magniphi/PhilsNotBeta/phi2.html](http://www1.psych.purdue.edu/Magniphi/PhilsNotBeta/phi2.html)>

<<http://mesosyn.com/mental8-14.html>>

<<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0042698900000869>>

Em cinema e vídeo, uma taxa de dez quadros por segundo é suficiente para dar a sensação de movimento, mas o resultado final não é um movimento muito natural e geralmente causa incômodo ao espectador, pois a imagem parece “pisca”. Por isso, para obtermos uma sensação de movimento mais natural, a taxa mínima ideal é de **24 quadros por segundo**.

## 4. PIONEIROS DA ANIMAÇÃO

Um dos primeiros objetos a tirar proveito da Teoria da Persistência da Visão foi um brinquedo inventado em 1825, chamado *taumatrópio*.



Domínio público

Figura 14. Taumatrópio: um disco de papelão com um desenho de cada lado (esq. e dir.) gira rapidamente em torno de um barbante. A imagem resultante (centro) aparenta uma sobreposição dos dois desenhos. O exemplo acima é de 1825.

Apesar de o taumatrópio não apresentar propriamente imagem em movimento, ele ajudou na compreensão do princípio estroboscópico, descrito por Plateau em 1829. Baseado neste princípio, Plateau inventou o fenacístoscópio em 1832 (Figura 15). O aparelho consistia num disco giratório com desenhos próximos às bordas. Uma abertura em frente a uma destas figuras dava a sensação de movimento, pois só era possível ver uma figura de cada vez, embora um tanto borrada devido ao deslocamento rápido. (Veja exemplo de animação com o fenacístoscópio de Muybridge neste [link](#)<sup>6</sup>.) O zootrópio, de 1834, seguia o mesmo princípio, mas com as imagens no interior de um cilindro, em vez do disco (Figura 16).



Library of Congress, Washington, EUA

Figura 15. Fenacístoscópio de Muybridge (1893).



Andrew Dunn, 2004/ Wikimedia Commons

Figura 16. Réplica de um zootrópio da Era Vitoriana.

<sup>6</sup> Animação em <<https://youtu.be/JmIRNjv30M>>.

Muito antes disso, em 180 d.C., o chinês Ting Huan já havia criado uma espécie de precursor do zootrópio, a que chamou de *chao hua chich kuan* (“tubo que faz fantasias se realizarem”). O aparelho consistia numa lamparina dentro de um cilindro de papel translúcido pendurado. A lamparina aquecia o ar que, ao passar por aletas, fazia o cilindro girar, projetando sombras de figuras desenhadas no papel. Não havia uma ilusão de movimento do desenho, como numa animação, mas sim o seu movimento real em torno da lamparina.

Seguindo a ideia de se aproveitar luzes e sombras, o matemático, astrônomo e físico holandês Christiaan Huygens (1629–95) desenvolveu um dispositivo conhecido como *lanterna mágica* (embora haja evidências de equipamentos semelhantes inventados antes disso). O aparelho era composto de um espelho côncavo colocado atrás de uma lamparina. A luz, concentrada pelo espelho, passava através de um desenho translúcido (ou boneco) e de uma lente, que ampliava a imagem, projetando-a sobre uma parede. Inicialmente, as imagens projetadas eram fracas, devido à ineficiência das fontes de luz disponíveis à época. Aperfeiçoamentos como a lâmpada de Argand (1780), a óleo, a luz de carbureto (década de 1820), e as lâmpadas elétricas de arco voltaico e as incandescentes (década de 1860) ajudaram a popularização da lanterna mágica e sua posterior transformação nos atuais projetores de cinema.



Anton L. Edal / Musée des Arts et Métiers / Wikimedia Commons

Figura 17. Lanterna mágica (1818).

A associação do aparelho chinês com o zootrópio, em 1877, levou ao surgimento do praxinoscópio, inventado pelo francês Charles-Émile Reynaud (1844–1918). O praxinoscópio aperfeiçoou o zootrópio ao substituir as aberturas de visualização por um cilindro interno com 12 espelhos, o que facilitou a visualização das imagens.

Reprodução da revista La Nature, Revue des Sciences.  
Domínio público

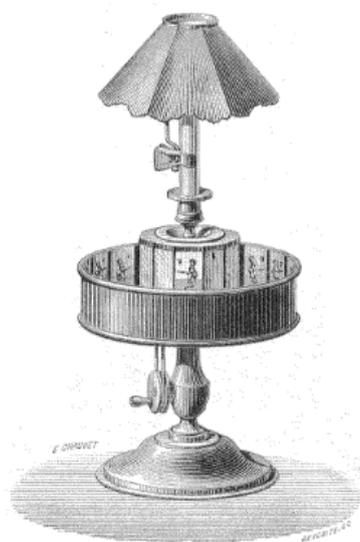
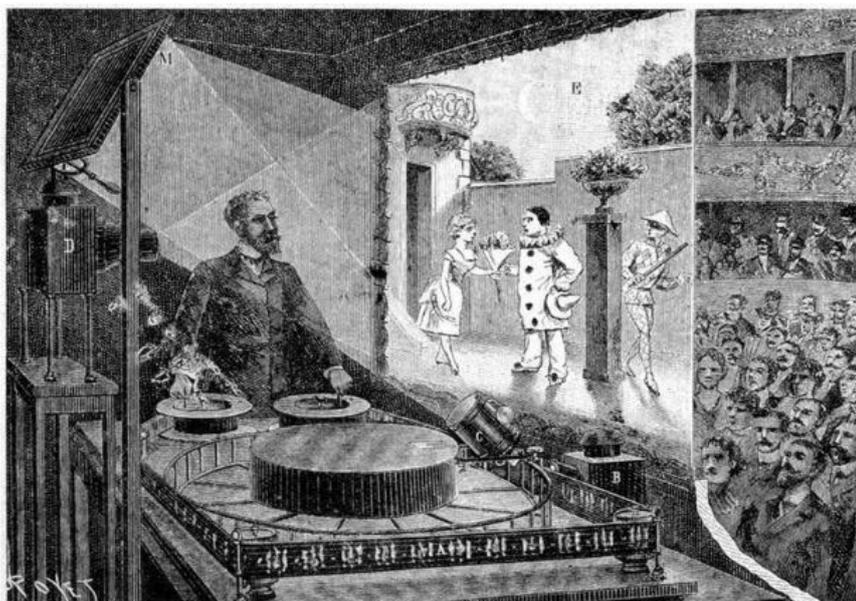


Fig. 2. — Le Praxinoscope.

Figura 18. Praxinoscópio de 1879.

Um problema comum a todos esses aparelhos era que as imagens animadas só podiam ser vistas por uma única pessoa ou por um pequeno grupo de cada vez, o que fazia com que não passassem de meros brinquedos ou curiosidades científicas. Reynaud resolveu este problema em 1892, ao unir seu praxinoscópio com a lanterna mágica e um jogo de espelhos, possibilitando, desta forma, que os desenhos fossem projetados em telas, para grandes plateias. O novo aparelho projetava as imagens por trás da tela e armazenava a sequência de desenhos em rolos de 500 a 600 imagens a doze quadros por segundo, permitindo a exibição de animações de duração mais longa, em vez dos poucos segundos de seus predecessores. O francês batizou a geringonça de *Théâtre Optique* e passou a apresentar sessões de animação de grande sucesso, até ser superado pelo cinema dos irmãos Lumière, três anos depois. Mesmo assim, o show continuou a ser apresentado até 1900, e foi assistido por mais de 500 mil pessoas.



Domínio público/ Wikimedia Commons

Figura 19. Primeira apresentação pública do "Théâtre Optique", em 1892.

Apesar de o filme de animação *Fantasmagorie*, do diretor francês Émile Courtet (1857–1938), ter sido o primeiro desenho animado a utilizar, em 1908, um projetor moderno, os desenhos feitos para o *Théâtre Optique* podem ser considerados os primeiros desenhos animados como entendemos hoje. Portanto, não é exagero dizer que o desenho animado surgiu *antes* do cinema, e definiu várias das suas características, como a taxa de quadros (*frame rate*), tipos de projetores, projeção e retroprojeção em telas, tipos de lentes de projeção e o armazenamento das imagens em rolos.

Estava dominada a técnica dos primeiros elementos de um sistema de vídeo: a *visualização* e o *armazenamento*.

## 5. CINEMA

Parece claro que o desenho de animação está intimamente ligado às origens do cinema, mas qual é mesmo a diferença entre cinema e animação? A resposta parece simples, já que o cinema capta imagens reais (*live action*, no jargão do cinema), enquanto que a animação utiliza desenhos. Pense de novo. Filmes como *Avatar* (2009) e *300* (2007) tiveram seus cenários e a maioria dos personagens criados, quase inteiramente, por computação gráfica e não por ação real. Já “desenhos” como *O Expresso Polar* (2004) e *As Aventuras de Tintim: O Segredo do Licorne* (2011) utilizaram atores reais que foram digitalmente transformados em desenhos, utilizando a técnica de *motion capture*, ou *mocap*. E o que dizer da técnica de *stop motion*, como no clássico *King Kong* (1933), em que figuras reais são fotografadas quadro a quadro, como numa animação? Estão exatamente no meio do caminho entre o cinema de ação real e a animação.



Figura 20. O que é filme e o que é animação? Acima à esq. a atriz Zoe Saldana tem seus movimentos e expressões faciais gravadas com a técnica de *motion capture* para o filme *Avatar* (James Cameron, 2009). Acima à dir., a mesma técnica é utilizada pelo ator Tom Hanks para a animação – e não um filme – *O Expresso Polar* (Robert Zemeckis, 2004) (Repare nos pontinhos pretos sobre o rosto dos atores; são eles que informam ao software a posição de cada parte do rosto). Abaixo à esq., o filme *300* (Zack Snyder, 2007) teve todos os cenários criados digitalmente. Abaixo à dir., o filme *King Kong* (Merian C. Cooper e Ernest B. Schoedsack, 1933) foi um marco na utilização da técnica de *stop motion*.

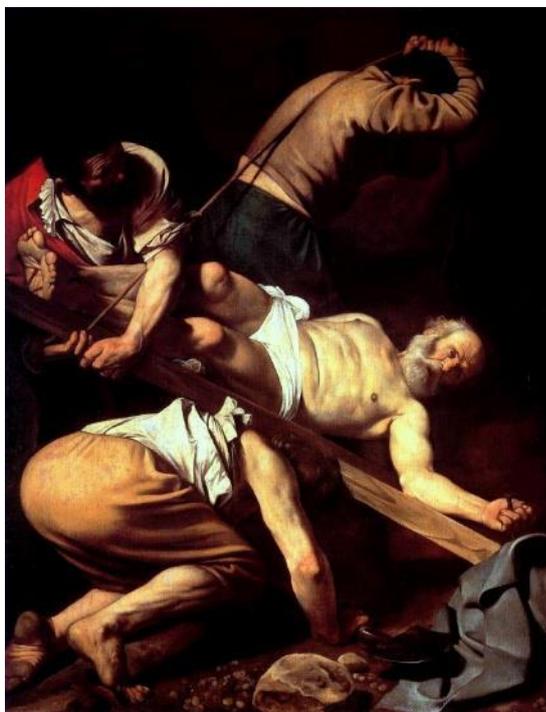
A fronteira entre estas duas formas de mostrar imagens em movimento está cada vez mais difusa, e, portanto, vamos tentar falar de cinema antes que a diferença desapareça completamente. Para isso, temos que voltar um pouco no tempo.

## 5.1 FOTOGRAFIA

Caravaggio foi o primeiro fotógrafo da história.

O epíteto atribuído ao mestre barroco italiano geralmente é entendido apenas como uma metáfora, numa referência à fidelidade quase fotográfica de suas pinturas. Seria absurdo pensar em Michelangelo da Caravaggio (1571–1610) como um fotógrafo, no sentido literal, já que viveu dois séculos antes da invenção da fotografia. Seria mesmo? Há indícios de que a especialização do pintor na técnica do *chiaroscuro* não era apenas uma opção artística, mas o resultado de seus experimentos com a *camera obscura*.

*Camera obscura* (“quarto escuro”, em latim), ou **câmara escura** é uma caixa fechada com um pequeno orifício (com ou sem lente) numa das faces. A luz emitida ou refletida por um objeto do lado de fora penetra pelo orifício e é projetada, de forma invertida, no fundo da caixa. Se este fundo for de material translúcido, a imagem poderá ser vista pelo lado de fora por um observador posicionado atrás da caixa, ou mesmo pelo lado de dentro, se a caixa for suficientemente grande ou dispuser de um jogo de espelhos. É o mesmo princípio de funcionamento do olho, em que a imagem invertida é projetada na retina depois de atravessar o cristalino, que funciona como lente. A câmara escura, tanto o objeto quanto a palavra, estão na origem das atuais câmeras fotográficas, de cinema ou de vídeo. Para isto (simplificando bem), basta colocar um filme fotográfico ou um dispositivo eletrônico de captação de imagem (como um sensor CCD ou CMOS) no fundo da caixa. Em português, ambas as formas *câmara* e *câmera* estão corretas; neste texto, optamos pela variante **câmera** para nos referirmos ao dispositivo óptico.



Capela Cerasi, Igreja de Santa Maria del Popolo, Roma/ Wikimedia Commons

Figura 21. Martírio de São Pedro (1601), de Caravaggio.

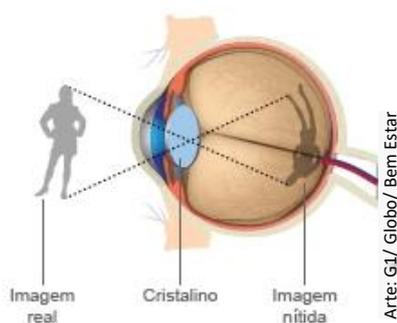


Figura 22. Imagem captada no olho.

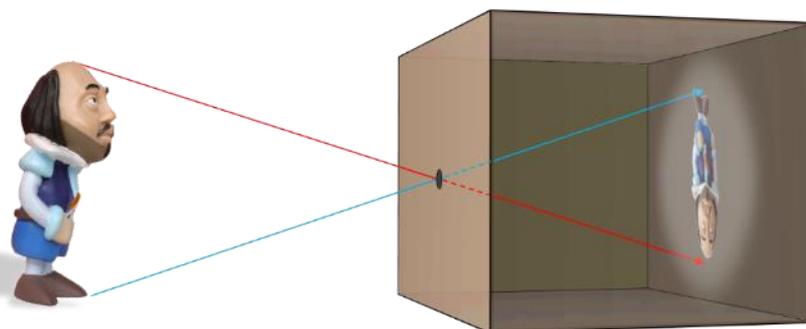


Figura 23. Câmara escura simples.

As primeiras menções à câmara escura que chegaram aos nossos dias remontam ao filósofo chinês Mozi (ou Mo Ti, 470–390 a.C.), e seus princípios ópticos foram compreendidos pelo grego Aristóteles, que percebeu que a luz do Sol, ao passar por pequenas aberturas, como folhas de árvores, criava círculos de

luz no chão. Porém, Aristóteles não percebeu que estes círculos nada mais eram do que a imagem projetada do próprio Sol. Tanto que, durante eclipses solares, os círculos assumem a forma de um disco recortado pela passagem da Lua (Figura 24). Já Euclides, em 300 a.C., utilizou a câmara escura para demonstrar que a luz viaja em linha reta (Einstein discordaria, mas isto é outra história).



Figura 24. Espaços entre as folhas de uma árvore projetam no chão várias imagens do Sol recortado pela Lua em um eclipse.

Foi somente por volta do ano 1000 que o cientista árabe Alhazen (ou Ibn al-Haytham, 965–1040), em seu *Tratado de Óptica*, sugeriu que a luz projetada era uma imagem do que havia do lado de fora da caixa, tendo construído a primeira câmara escura de que se tem notícia.

E o que Caravaggio tem a ver com isso? Há indícios de que alguns mestres holandeses do século XVII, como Vermeer e Rembrandt, tenham utilizado a câmara escura para compor algumas de suas obras. O estudioso italiano Giambattista della Porta (c. 1535–1615) de fato sugeriu a utilização de uma câmara escura, que ele próprio ajudou a desenvolver, como um instrumento de auxílio aos pintores para a composição de suas obras, e há evidências de que Caravaggio conhecia seus trabalhos e era muito próximo à comunidade de estudiosos interessados em óptica.

Pela proposta de Della Porta, a imagem captada pela câmara escura seria projetada numa tela translúcida, sobre a qual o pintor traçaria um esboço de seu desenho, para ser pintado posteriormente. Assim, toda a forma, proporção, iluminação e perspectiva da imagem real seriam transportadas com exatidão para a tela. A ideia é atraente, mas um tanto decepcionante, pois rebaixaria os grandes mestres da pintura a meros copiadores ou “coladores”. Mas Caravaggio pode ter ido muito além.



Figura 25. Câmara escura proposta por Della Porta como auxílio a pintores.

Há muito suspeita-se que Caravaggio tenha transformado seu ateliê numa câmara escura gigante, fazendo um furo no teto e utilizando um jogo de espelhos e lentes para projetar imagens em uma tela, técnica que já havia sido proposta em teoria por Leonardo da Vinci. Mas, pesquisas recentes apontam que o artista também utilizava produtos químicos para transformar suas telas em filmes fotográficos primitivos, “queimando” imagens que se tornariam rascunhos de seu trabalho final. Segundo Roberta Lapucci, chefe de conservação do Instituto SACI, de Florença, foi encontrado sal de mercúrio nas telas do pintor, substância que é sensível à luz e utilizada em filmes, mas seu efeito dura apenas 30 minutos e só é visível no escuro. O problema é que não dá para pintar no escuro. Segundo Lapucci, testes com raios X indicaram a presença de tinta com chumbo branco, usada para rascunho, misturada com sulfato de bário, que é luminoso (e também um pó feito com vagalumes secos, que era utilizado para efeitos especiais em teatro). Desta forma, o pintor poderia ver o que estava desenhando.

Outros indícios, como o fato de o artista nunca fazer esboços e os personagens retratados serem quase sempre canhotos (resultado da imagem invertida) e a perfeita noção de profundidade de campo e perspectiva reforçam a teoria, mas ainda nenhuma prova definitiva foi encontrada.

O problema da fixação da imagem encontrado por Caravaggio permaneceu sem solução por mais duzentos anos, mesmo após a descoberta de substâncias como o nitrato e o cloreto de prata, que tinham a propriedade de escurecer quando expostos à luz. Porém, o efeito era temporário, como nos sais de mercúrio, ou a folha com a imagem formada corretamente acabava escurecendo por completo se continuasse exposta à luz ambiente, no caso dos sais de prata.

O nitrato de prata e o cloreto de prata já eram conhecidos desde os séculos XIII e XVI, respectivamente, e sua propriedade de escurecer quando expostos à luz (efeito fotoquímico) foi descrita pelo filósofo natural holandês Wilhelm Homberg (1652–1715) em 1694. O romance de ficção científica *Giphantie*, do francês Tiphaigne de la Roche (1729–74), de 1760, já previa com impressionante precisão a invenção da fotografia:

[...] Você sabe que os raios de luz refletida de diferentes corpos formam figuras e pintam as imagens refletidas em todas as superfícies polidas; por exemplo, na retina do olho, na água e no vidro. Os espíritos elementais descobriram como fixar essas imagens fugazes; eles inventaram um material muito delicado e viscoso, que seca e endurece rapidamente, de maneira a formar uma imagem num piscar de olhos. Eles revestem uma tela com este material e a colocam em frente ao objeto a ser capturado. O primeiro efeito sobre este tecido é semelhante ao de um espelho, mas, devido à sua natureza viscosa, a tela preparada, ao contrário do espelho, retém uma cópia da imagem. O espelho reproduz fielmente as imagens, mas não as mantém; nossa tela reflete as imagens de forma igualmente fiel, mas as retém completamente. Essa impressão da imagem é instantânea. A tela é então removida e depositada num local escuro. Uma hora depois, a impressão está seca e você tem uma imagem tão preciosa cuja veracidade não pode ser imitada por nenhuma arte e que tempo algum poderá danificar.<sup>7</sup>

Somente em 1826 o inventor francês Nicéphore Niépce (1765–1833) conseguiu produzir a primeira fotografia permanente ao utilizar betume-da-judeia dissolvido em petróleo sobre uma placa de liga de estanho polida. O betume exposto à luz endurecia e, após algumas horas de exposição, podia ser lavado. A parte endurecida permanecia sobre a chapa, enquanto que a parte líquida era removida, expondo o metal escuro descoberto, processo a que Niépce chamou de *heliografia*, ou “desenho pelo Sol”. Seu sócio, Louis Daguerre (1787–1851), aperfeiçoou o processo em 1839. Daguerre expôs uma chapa de cobre com compostos de prata a vapor de iodo antes da exposição à luz e a vapor de mercúrio depois, mergulhando-a, em seguida, numa solução aquecida de sal de cozinha para fixar a imagem. O processo foi chamado de *daguerreótipo* e atingiu grande popularidade em seu tempo, mas a palavra **photographie** fora cunhada antes, em 1832, pelo pintor e inventor franco-brasileiro Hercules Florence (1804–79), ao desenvolver, de forma independente, um processo muito semelhante, que já utilizava a matriz negativo/positivo, usada até hoje em filmes de película, e que permitia a reprodução de cópias.



Figura 26. Primeira câmara de Niépce (c. 1820).

<sup>7</sup> GIPHANTIE. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Giphantie>>. Acesso em: jun. 2012.



Harry Ransom Center/Univ. of Texas at Austin

Detalhe de fotograma extraído do filme *Sensible à la Lumière* (2005), escrito por Michel Frizot e dirigido por Jean-Michel Sanchez – Musée N. Niépce

Figura 27. Esq.: vista da janela em Le Gras (c. 1826): a primeira fotografia, tirada por Niépce da janela de sua casa, após uma exposição de 8 horas. Dir.: simulação da mesma vista da janela de Niépce, como teria sido à época da foto de 1826.

O próprio Florence, ao tomar conhecimento dos trabalhos de Daguerre, declarou, com alguma dose de ressentimento:

A fotografia é a maravilha do século. Eu também já havia estabelecido os fundamentos, previsto esta arte em sua plenitude. Realizei-a antes do processo de Daguerre, mas trabalhei no exílio. Imprimi, por meio do Sol, sete anos antes de se falar em fotografia. Já tinha lhe dado esse nome. Entretanto, a Daguerre [foram dadas] todas as honras<sup>8</sup>.

Florence (juntamente com Johann Rugendas e Adrien Taunay) teve importante participação como ilustrador na célebre excursão do barão Langsdorff à Amazônia (1825–29) e passou a maior parte da vida em Campinas, São Paulo. Por nunca ter divulgado adequadamente sua invenção e por viver em uma região remota (seus trabalhos ficaram perdidos até 1973), Florence nunca foi reconhecido como um dos inventores da fotografia.

<sup>8</sup> FLORENCE, Hercule (1804-1879). In: Enciclopédia Itaú Cultural: Artes Visuais, 2005. Disponível em: <[http://www.itaucultural.org.br/aplicexternas/enciclopedia\\_ic/index.cfm?fuseaction=artistas\\_biografia&cd\\_verbete=2048&cd\\_item=2&cd\\_id\\_ioma=28555](http://www.itaucultural.org.br/aplicexternas/enciclopedia_ic/index.cfm?fuseaction=artistas_biografia&cd_verbete=2048&cd_item=2&cd_id_ioma=28555)>. Acesso em: set. 2012. Apud: MONTEIRO, Salvador (org.), KAZ, Leonel (org.). Expedição Langsdorff ao Brasil, 1821-1829: Rugendas, Taunay, Florence. Rio de Janeiro: Alumbramento: Livroarte, 1998. p. 360.

### 5.1.1 DA GELATINA DE MADDOX AOS ROLOS DE EASTMAN

Já vimos que em meados do século XIX tanto a fotografia quanto os conhecimentos sobre animação e imagens em movimento já existiam. Então, por que a invenção do cinema teve que esperar até o fim do século?

Basicamente, a limitação estava na forma e no material em que a fotografia era captada. Apesar de, na segunda metade do século XIX, a fotografia já ter atingido uma qualidade bastante satisfatória, ainda havia duas sérias limitações a resolver:

- **O tempo de exposição:** para dar a sensação de movimento, um filme ou animação precisa ter uma sequência de, pelo menos, dez quadros por segundo, ou seja, cada quadro precisa ser captado em, no máximo, 1/10 segundo. Como fazer isso se as primeiras câmeras fotográficas precisavam de vários minutos, ou até horas, para captar uma imagem?
- **A chapa fotográfica:** as primeiras câmeras eram abastecidas com uma única chapa fotográfica por vez. Para cada foto era necessário substituir a chapa exposta por uma nova. Nos primeiros tempos, as substâncias sensíveis à luz eram tão instáveis que era preciso revelar (fixar) a foto imediatamente após a exposição. Porém, uma simples cena de alguns segundos de filme é formada por dezenas de fotos. Como fazer isso, se as câmeras só trabalhavam com uma foto de cada vez?

Resolvido o problema da captura da imagem por Niépce, Daguerre & Cia. na primeira metade do século XIX, o próximo desafio era conseguir reduzir o tempo de exposição para poder retratar cenas da vida real, e não apenas paisagens fixas. O principal filão de mercado para os fotógrafos de meados do século era o de retratos. O problema da exposição longa é que os retratados eram obrigados a ficar vários minutos completamente imóveis. Qualquer movimento deixaria a foto borrada. Muitos estúdios utilizavam recursos como apoios de cabeça para ajudar os modelos a se manterem estáticos (Figura 28).

A evolução foi lenta, mas constante. Fotografia é, essencialmente, um processo de captura de luz. Certos materiais têm a capacidade de reagir química (filme fotográfico) ou fisicamente (chip eletrônico) à exposição de luz. A velocidade com que estes materiais reagem à luz é chamada de **sensibilidade**. Os primeiros materiais utilizados eram pouco sensíveis e exigiam longos **tempos de exposição**, isto é, a “janela” (ou *obturador*) que permitia a entrada de luz na câmera precisava ficar aberta por um longo tempo, a fim de permitir a entrada de uma quantidade de luz suficiente para gerar uma imagem nítida.

A primeira fotografia de Niépce, de 1826, precisou de oito horas de exposição à luz do Sol, a única com intensidade suficiente para impressionar seu betume (daí o nome “heliografia”). Por isso o aspecto estranho da fotografia da Figura 27, em que a imagem parece estar iluminada pelos dois lados ao mesmo tempo. Claro. Ao longo de oito horas o Sol se deslocou (desculpe, Galileu) de leste para oeste. Os primeiros daguerreótipos reduziram este tempo para trinta minutos e, em 1839, para dez minutos. Em 1840, Richard Beard (1801–85), dono de um estúdio fotográfico, contratou o químico John Frederick Goddard



Figura 28. Detalhe de foto de 1893; o apoio atrás da cabeça do retratado ajudava a mantê-lo estático durante o longo período de exposição.

(1795–1866), que conseguiu reduzir este tempo para menos de três minutos utilizando vapor de bromo sobre a superfície de iodeto de prata. No ano seguinte, graças ao aperfeiçoamento das lentes e à melhoria das técnicas de sensibilização, o fotógrafo Antoine-François-Jean Claudet (1797–1867) conseguia obter daguerreótipos com apenas vinte a quarenta segundos de exposição.

Em 1851, o escultor inglês Frederick Scott Archer (1813–57) revolucionou a fotografia ao apresentar o processo de colódio úmido, o que reduziu o tempo de exposição para menos de três segundos. O processo foi o mais utilizado pelos trinta anos seguintes, pois, além de mais rápido, tinha uma riqueza de detalhes (que hoje chamaríamos de definição) superior ao daguerreótipo e permitia a realização de múltiplas cópias. O principal inconveniente era a necessidade de se sensibilizar a chapa de vidro imediatamente antes da exposição e utilizá-la enquanto a solução ainda estava úmida, devendo ser processada imediatamente após a exposição. Isto exigia a utilização de uma sala escura portátil para revelação das fotos feitas fora do estúdio.

Nos anos seguintes, foram feitas muitas tentativas de se encontrar um substituto seco para o colódio úmido a fim de que as placas pudessem ser preparadas com antecedência e a revelação não precisasse ser feita logo após a exposição. Em 1871, o médico e fotógrafo inglês Richard Leach Maddox (1816–1902) propôs a utilização de brometo de cádmio e nitrato de prata numa placa de vidro coberta por uma emulsão de gelatina seca feita da proteína de ossos de animais utilizada na fabricação de doces. O novo processo, muito mais rápido do que os anteriores, permitiu reduzir o tempo de exposição para apenas 1/25 segundo, comumente utilizado até hoje, mesmo em câmeras digitais. De uma só vez, a gelatina de Maddox libertou o fotógrafo de ter que preparar suas chapas (que passaram a ser industrializadas em 1878), dispensou a obrigatoriedade do uso de tripé e apoios de cabeça (pois o tempo de exposição não era mais um problema) e tornou as câmeras mais leves, simples e baratas. E, principalmente, permitiu a realização de fotografias instantâneas, abrindo as portas para a invenção do cinema.

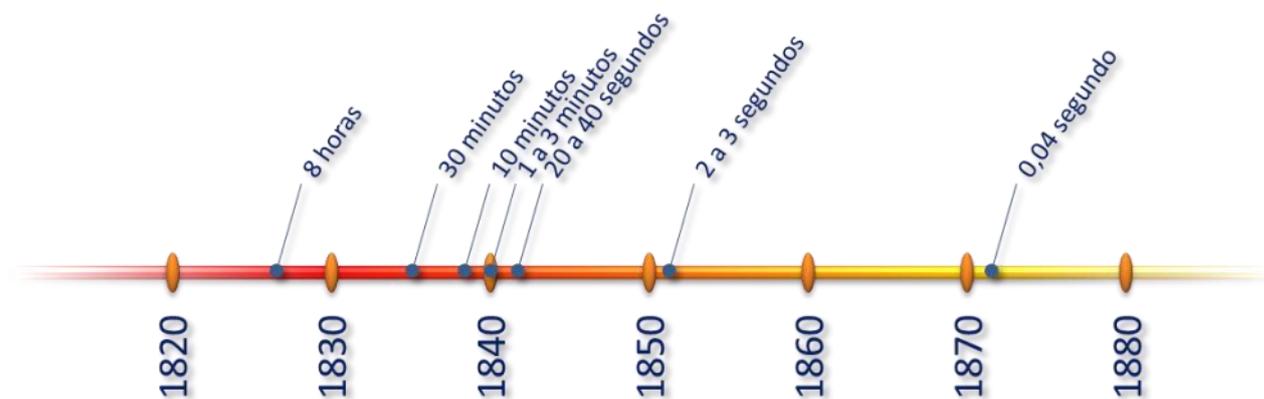


Figura 29. Evolução do tempo de exposição nos primórdios da fotografia.

No início, para obter uma foto, o fotógrafo simplesmente removia a tampa da lente pelo tempo que julgasse necessário para expor o filme, e depois a cobria novamente. Este tempo era determinado pela luz ambiente disponível e, principalmente, pela experiência do fotógrafo. Na época em que o tempo de exposição era da ordem de minutos ou segundos, isto não era um problema. Porém, à medida que este tempo foi sendo reduzido para uma fração de segundo, já não era mais possível realizar esta operação manualmente. Para isso, foi criado o **obturador**. O obturador nada mais é do que uma pequena janela posicionada entre a lente e o filme ou sensor, que se abre e fecha rapidamente, permitindo a passagem da luz pelo tempo ajustado pelo fotógrafo ou calculado automaticamente pela câmera. Os primeiros obturadores eram acessórios adquiridos separadamente das próprias câmeras.

Atualmente, a “velocidade” do obturador (uma forma um tanto equivocada de se referir ao intervalo de tempo entre abertura e fechamento) de câmeras profissionais pode chegar a 1/8000 segundo (ou mais, em câmeras de uso científico, industrial ou militar). Mesmo câmeras amadoras podem chegar facilmente a 1/2000 s.

Outro empecilho aos fotógrafos da época era a base sobre a qual a imagem era capturada. Rígida, feita de chapa de vidro, só permitia o registro de uma imagem por vez. Para se tirar uma segunda foto, era necessário remover a primeira chapa e abrigá-la em um local escuro para, então, encaixar a segunda. O francês André-Adolphe-Eugène Disdéri (1819–89) contornou parcialmente o problema, em 1854, ao criar uma câmera com múltiplas lentes que projetavam imagens em diferentes partes de uma mesma chapa fotográfica. Desta forma, a mesma chapa podia exibir até oito imagens diferentes, que depois eram recortadas em folhas do tamanho de cartões de visita (*carte-de-visite*). Apesar de ser ainda pouco prática e produzir fotos pequenas, a novidade reduziu o custo de produção e revelação de fotos em oito vezes, criou a moda das cartes-de-visite, atingiu enorme sucesso popular e ajudou a enterrar o daguerreótipo.

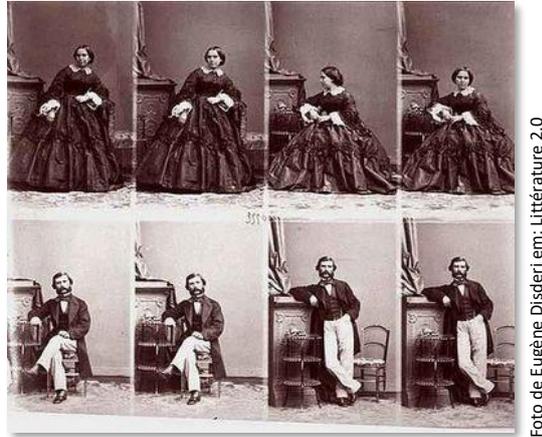


Foto de Eugène Disdéri em: Littérature 2.0

Figura 30. *Carte-de-visite* de Disdéri: 8 em 1.

O americano George Eastman (1854–1932) deu início à maior revolução da era da fotografia analógica ao patentear, em 1884, o filme fotográfico em rolo flexível. Primeiro de papel, depois de celuloide. Ao fundar a Kodak, em 1889, Eastman não criou apenas uma máquina ou uma empresa, mas um processo. O grande trunfo da Kodak não era apenas vender câmeras ou filmes, mas o serviço de revelação de fotos. Desta forma, Eastman separou o trabalho do fotógrafo do trabalho de revelação. Portanto, o novo fotógrafo não precisava mais ter grandes conhecimentos técnicos. Surgia o fotógrafo amador, e a fotografia ganharia o mundo. De quebra, o filme de rolo flexível possibilitou o surgimento do filme de cinema.

Por mais de cem anos, a Kodak foi sinônimo de fotografia. Com dificuldades para se manter competitiva no mundo da fotografia digital, em 2012 a Kodak entrou em processo de recuperação judicial e vendeu a maior parte de suas patentes relativas a fotografia e vídeo para se concentrar no ramo de impressão de imagens digitais. Recuperada, mas bastante reduzida, em 2014 passa a produzir smartphones e tablets com câmeras digitais de alta qualidade.

## 5.1.2 MUYBRIDGE, O HOMEM QUE CONGELOU O CAVALO

Ao longo dos séculos, a civilização se viu atormentada por questões cruciais. De onde viemos? Para onde vamos? Existe vida inteligente fora da Terra? Existe vida inteligente na Terra? Aparentemente, em meados do século XIX, a questão existencial que mais afligia a sociedade emergente americana era: em algum momento, durante o galope, o cavalo tira as quatro patas do chão ao mesmo tempo? A questão era tema de debates acalorados e, diz a lenda, de vultosas apostas.

Um dos adeptos da tese das quatro patas no ar era o magnata das ferrovias, criador de cavalos e ex-governador da Califórnia Leland Stanford (1824–93), que mais tarde fundaria a universidade que leva o nome de seu filho, morto na adolescência. Decidido a resolver a questão, Stanford contratou, em 1872, o inglês Eadweard Muybridge (1830–1904) que começava a se tornar conhecido como fotógrafo de paisagens e da arquitetura do Oeste Americano.

Inicialmente, Muybridge mostrou-se relutante em aceitar a proposta, pois acreditava ser impossível, com a tecnologia da época, congelar o movimento do cavalo (provavelmente, Muybridge ainda não havia tido contato com os trabalhos de Maddox). Qualquer tentativa de capturar movimento resultava numa imagem borrada. Mesmo depois de adquirir câmeras mais rápidas, havia a dificuldade de disparar a câmera no momento exato em que o cavalo tira os cascos do chão. Os obturadores eram mecânicos e dependiam da rapidez de reflexos do fotógrafo. Além disso, só era possível utilizar uma chapa fotográfica por vez, já que Eastman ainda não havia inventado o filme de rolo.

Somente em 1877, após inúmeras tentativas e aperfeiçoamentos nas câmeras e mecanismos de disparo, Muybridge conseguiu uma foto flagrando um cavalo com os quatro cascos no ar. A foto, porém, foi recebida com desconfiança pela imprensa local, pela suspeita de que seu negativo poderia ter sido retocado, prática comum na época.

Foi, então, que Muybridge teve uma ideia tão simples quanto brilhante (e cara): se não é possível tirar várias fotos com uma única câmera, é possível tirar uma única foto com várias câmeras. Ou, mais exatamente, 24. Na época, a fotografia era um luxo para poucos; mesmo uma simples foto de família era rara e estava fora do alcance da maioria. Uma única câmera custava uma pequena fortuna, mas 24 câmeras, só mesmo com o patrocínio milionário de Stanford. Calcula-se que o ex-governador tenha gastado, ao todo, 50 mil dólares (cerca de US\$ 1 milhão, atualizados) com o projeto, o dobro do que estaria em disputa (não há comprovação histórica do valor exato nem da existência da própria aposta).

Muybridge alinhou as 24 câmeras lado a lado, a intervalos de cerca de meio metro. Ao longo da pista, foram estendidos fios ligados a obturadores elétricos desenvolvidos especialmente para o projeto. Os fios seriam rompidos pela passagem do cavalo, disparando os obturadores em sequência, no mesmo intervalo de tempo, conforme Figura 31. Este exemplo, simplificado para oito câmeras, mostra o cavalo após romper os três primeiros fios, disparando as câmeras 1, 2 e 3.

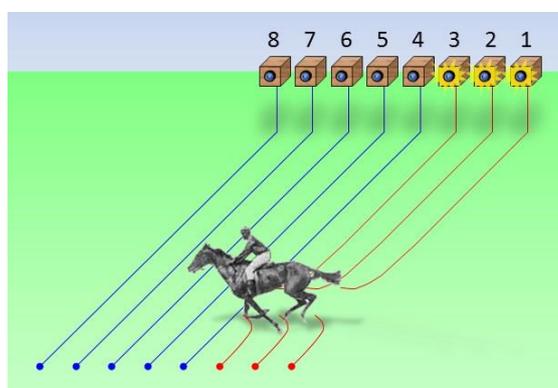


Figura 31. Experimento de Muybridge.

Em junho de 1878, Muybridge e Stanford fizeram uma demonstração pública cujo resultado é mostrado na sequência da Figura 32. No segundo e terceiro quadros é possível ver claramente as quatro patas do cavalo (na verdade uma égua chamada Sallie

Gardner) no ar. Esta é considerada a primeira sequência de fotos da História a captar movimento. É cinema *antes* do cinema. (Veja a sequência animada neste [link](#)<sup>9</sup>.)

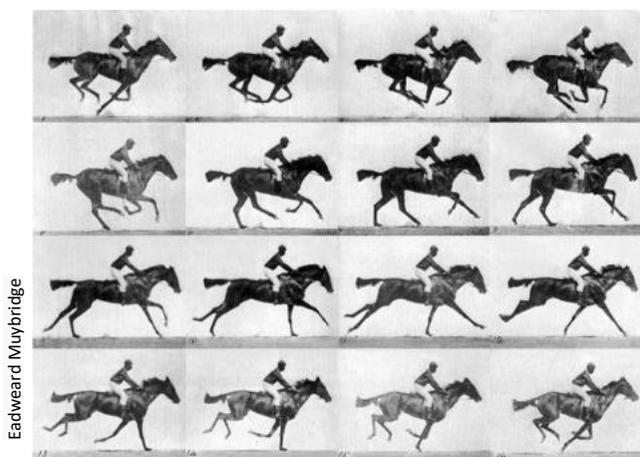


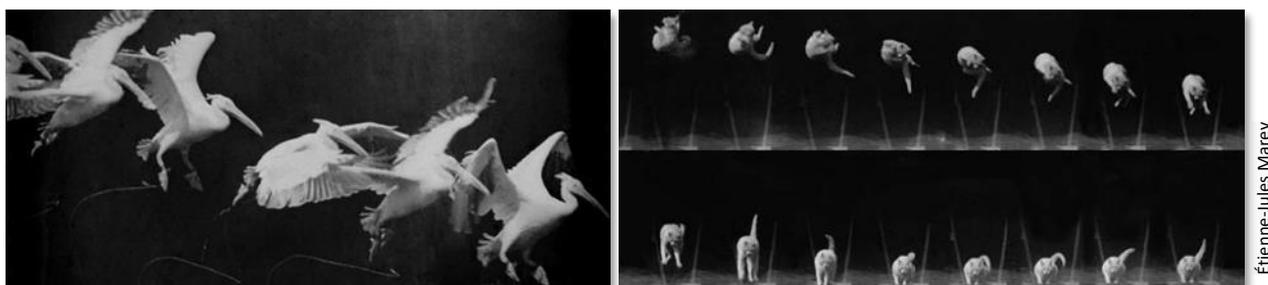
Figura 32. A primeira sequência de fotos em movimento.

Num encontro entre os dois em Paris, em 1881, o francês encantou-se com as fotos do inglês e, no ano seguinte, criou o *fuzil fotográfico*. Com formato bizarro, era uma câmera que disparava várias fotos em sequência utilizando o mecanismo de um fuzil. A principal diferença em relação a Muybridge era que toda a sequência era exposta sobre uma mesma chapa flexível, que se deslocava dentro de um tambor após cada disparo. Tinha a vantagem de utilizar apenas um equipamento para a captura (em vez das várias câmeras de Muybridge) e não dependia do rompimento de fios para acionar o obturador, e a desvantagem de não poder usar as imagens em rápida sucessão, como num filme. Mas, para os propósitos de Marey, isto era suficiente (além de produzir imagens belíssimas).



Figura 33. Fuzil fotográfico de Marey.

D. Monniaux/ Musée des Arts et Métiers



Étienne-Jules Marey

Figura 34. Cronofotografias do voo de um pássaro e da queda de um gato pousando sobre as quatro patas.

Juntamente com o inglês, Marey é considerado um dos inventores da técnica da *cronofotografia*. Ao usar uma arma, Marey ajudou a transformar a fotografia em arte.

<sup>9</sup> Sequência animada em <<https://youtu.be/ZKmEa1qo9xY>>.

### 5.1.3 EXIBIÇÃO

Uma vez resolvido o problema da captura e armazenamento de imagens por Niépce, Maddox, Muybridge, Eastman e tantos outros, o próximo passo foi desenvolver uma forma de exibi-las em movimento. Uma solução encontrada por Muybridge foi utilizar o fenacístoscópio, substituindo os desenhos por fotos (já mostramos aqui na Figura 15). Ao utilizar um disco com fotos translúcidas com luz de fundo, Muybridge criou, em 1879, o zoopraxiscópio, um precursor dos projetores. Mas a sequência durava apenas uma fração de segundo e só podia ser vista por uma pessoa por vez. O zoopraxiscópio pode ter servido de inspiração para o cinetoscópio de Thomas Edison.

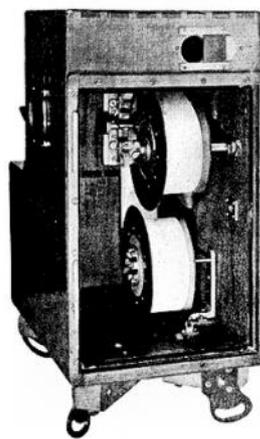
Tradicionalmente, o americano Thomas Edison e os irmãos franceses Lumière disputam a primazia da invenção do cinema. Na verdade, a paternidade da cinematografia deve ser creditada ao pouco lembrado inventor francês Louis Le Prince (1841–90?). Em 1888, ele filmou, com uma câmera de lente única, a sequência de imagens em movimento mais antiga ainda existente: a *Roundhay Garden Scene*. Filmada a doze quadros por segundo, tem apenas 2,1 segundos de duração e pode ser vista no [link](#)<sup>10</sup>. Dois anos antes, Le Prince já havia criado uma câmera com 16 lentes, unindo em uma só peça a ideia de fotos em sequência de Muybridge com a câmera de cartes-de-visite de Disdéri (Figura 35).



Figura 35. Câmera-projetor de 16 lentes de Le Prince: a primeira câmera de cinema.



National Museum of Photography, Film & Television, Bradford/Wikimedia Commons



Science Museum, Londres/Wikimedia Commons

Figura 36. Vistas frontal e traseira da câmera-projetor de lente única de Le Prince (1888).

A câmera de lente única usava filme de papel de Eastman e tinha, na verdade, duas lentes, pois era, ao mesmo tempo, câmera e visualizador: a lente inferior captava a imagem e a superior era usada como visor do filme já revelado (Figura 36). Só podia ser visto por uma pessoa de cada vez.

Em 1890, Le Prince desapareceu misteriosamente, junto com seus primeiros registros em filme, após embarcar num trem em Dijon. Uma das hipóteses para seu desaparecimento é de que teria sido assassinado devido a uma disputa por patentes de câmeras.

O americano Thomas Alva Edison (1847–1931), mais conhecido pelo desenvolvimento da lâmpada elétrica incandescente e do fonógrafo, foi, até 2003, o inventor mais prolífico da história<sup>11</sup>, com mais de duas mil patentes. Embora Edison tenha sido, de fato, o responsável por grande parte de suas criações ou aperfeiçoamentos, muitas de suas patentes são de autoria não creditada de seus empregados ou foram

<sup>10</sup> Vídeo em <<https://youtu.be/nu2BHDIRrMI>>. Este e outros fragmentos restaurados de Le Prince também podem ser vistos em <[https://en.wikipedia.org/wiki/Louis\\_Le\\_Prince](https://en.wikipedia.org/wiki/Louis_Le_Prince)> e em <<https://www.youtube.com/watch?v=e3FYc6UTtHg&index=1&list=PLAnFIRiIXQ8n3ARbxSOZ-xcz2mDWqOkOX>>

<sup>11</sup> LIST of prolific inventors. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_prolific\\_inventors](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_prolific_inventors)>. Acesso em: Oct. 2012.

compradas de outros inventores. Em Menlo Park, Nova Jersey, criou, em 1876, um centro de pesquisa e desenvolvimento (o primeiro do mundo criado especificamente para este fim) que funcionava como laboratório industrial e linha de produção de invenções que chegou a registrar uma patente a cada cinco dias, em média. Entre suas diversas empresas, encontra-se a centenária General Electric, fundada em 1888.

Sem formação acadêmica nem paciência para grandes lucubrações teóricas, era adepto do método de tentativa e erro no desenvolvimento de seus produtos (sintetizado pelo mote “Um por cento de inspiração, 99% de transpiração”), filosofia que compartilhava com o mineiro Alberto Santos-Dumont (1873–1932), embora tivessem personalidades diametralmente opostas. Tendo dominado todas as técnicas da aerostação, em 1902 o brasileiro encontrava-se empacado no desenvolvimento do voo do mais pesado que o ar. Nesse ano, os dois maiores inventores-celebridades do mundo em sua época encontraram-se em Nova York, a convite do americano, quando o Mago de Menlo Park deu o seguinte conselho ao Brasileiro Voador, que resume bem sua forma de pensar:

Você está no caminho certo. Você construiu uma aeronave dirigível e deu um passo adiante para encontrar a solução final do problema. Continue neste rumo. Porém, livre-se de seu balão. [...] Quando você conseguir diminuir de tal forma o balão que ele não possa ser visto nem com um microscópio, a questão terá sido resolvida.<sup>12</sup>

Não se sabe se Santos-Dumont seguiu a sugestão, mas, em 1906, realizou o primeiro voo de avião documentado em filme, três anos depois do voo secreto dos irmãos americanos Orville e Wilbur Wright e 16 depois voo ainda mais secreto do francês Clément Ader.

Em 1891, Edison fez a primeira apresentação pública do *cinetoscópio* (Figura 37), desenvolvido por seu empregado William Kennedy Dickson (1860–1935). O cinetoscópio usava um filme de cerca de 15 metros de comprimento que corria na forma de rolo sem fim, diante de um visor e de um obturador que girava sincronizado com o filme, permitindo a passagem de luz somente quando o quadro inteiro estivesse visível (ocultando a transição entre um fotograma e outro), inspirado no zoopraxiscópio de Muybridge.

Porém, o obturador apenas sincronizado com o quadro ainda não era suficiente para mostrar imagens nítidas em movimento. Para explicar a necessidade do obturador, vamos novamente pedir a ajuda do jogador Fred, assumindo que a sequência tivesse sido gravada em filme e não em vídeo.

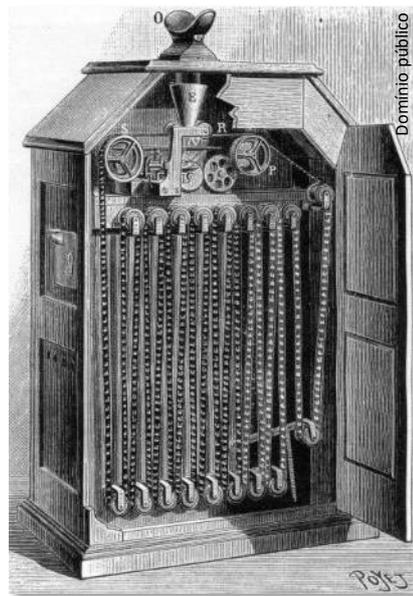


Figura 37. Cinetoscópio de Dickson/Edison.

<sup>12</sup> HOFFMAN, P. *Asas da Loucura: A Extraordinária Vida de Santos-Dumont*. Tradução: Marisa Motta. Rio de Janeiro: Objetiva, 2004. p. 170-174.

A Figura 38 mostra o que acontece quando uma imagem em movimento é exibida sem um obturador.

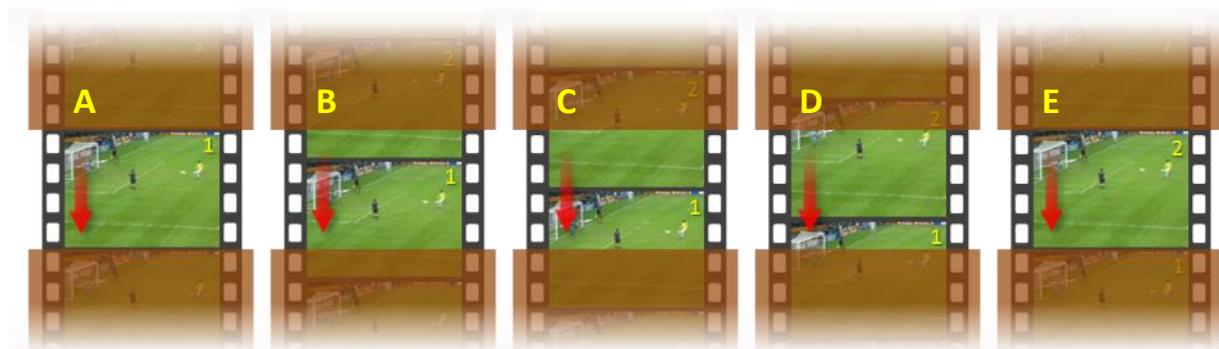


Figura 38. Filme correndo de cima para baixo sem obturador.

O resultado aproximado é o que vemos na Figura 39: uma imagem borrada e sem nenhuma sensação de movimento. Dickson percebeu isso e adotou a ideia de Muybridge, mas a solução não foi muito satisfatória e a própria Figura 38 nos ajuda a entender por quê. No cinetoscópio, o quadro é visível apenas nos instantes A e E por um momento extremamente curto, para que a imagem não saísse borrada. O resultado era uma imagem muito apagada e trêmula.



Figura 39. Borrão.

A solução encontrada por Dickson e adotada em sua câmera, que batizou de *cinetógrafo*, e posteriormente, no próprio cinetoscópio, baseou-se no *Phantoscope*, criação do americano Charles Francis Jenkins (1867–1934) e cujo protótipo fora furtado por seu financiador. Após um acordo judicial, a patente foi vendida a Edison, que a utilizou no cinetógrafo e numa versão do cinetoscópio que funcionava como projetor em tela. Jenkins também foi o inventor da televisão mecânica. Falaremos disso mais tarde.

O Phantoscope, apresentado em 1894, foi o primeiro projetor (e o cinetógrafo, a primeira câmera) a utilizar um obturador com tração de filme intermitente, inspirado no mecanismo de máquinas de costura. No novo sistema, o fotograma só era exposto quando estivesse completamente parado; depois, era coberto pelo obturador e avançava rapidamente até parar no fotograma seguinte e ser exposto novamente, como mostrado na Figura 40. Esta transição era completada em apenas 1/460 segundo.

Para que o movimento de avança-e-para fosse feito com precisão, Edison dotou os seus equipamentos de filmes perfurados, ideia já utilizada anteriormente no Théâtre Optique de Reynaud. Como a força de tração sobre o filme era intensa, os frágeis filmes de papel foram aposentados e o rolo de celuloide de Eastman firmou-se como padrão.

O exemplo da Figura 40 mostra um obturador simples, com metade do disco vazado. Na verdade, um obturador moderno pode ter várias aberturas e tamanho ajustável, de forma que a imagem não fica, necessariamente, 50% do tempo oculta. Quando falamos que um filme é gravado a, por exemplo, 24 quadros por segundo, não significa que cada quadro foi fotografado com tempo de exposição de 1/24 segundo. É possível regular para um tempo bem menor do que este (por exemplo, para imagens em movimento rápido), ou até maior, para deixar o movimento mais suave.

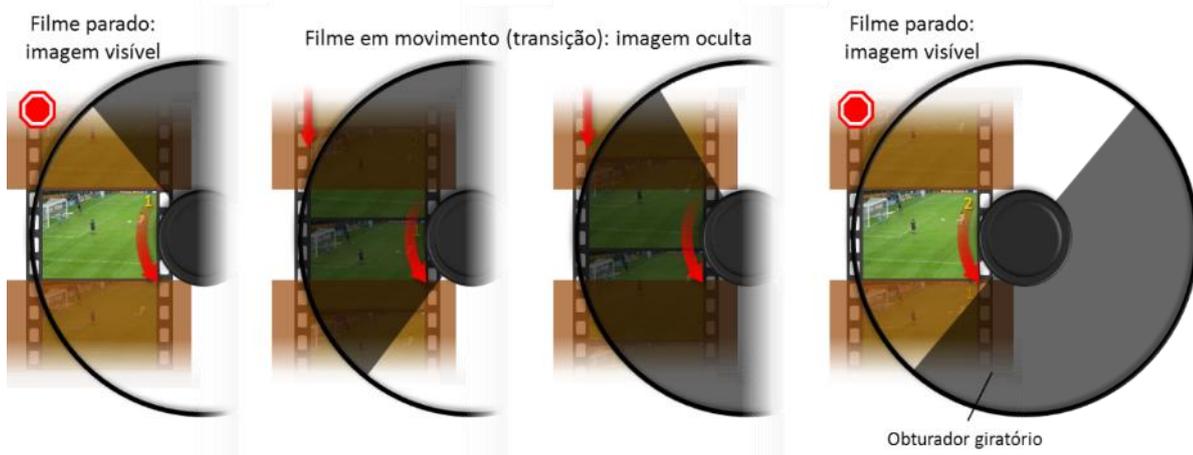


Figura 40. Obturador com tracionamento intermitente.

Edison era famoso pela sua inventividade tanto quanto pelo seu faro para negócios. O cinetoscópio não foi exceção. Sessões de exibição de filmes eram cobradas — o aparelho funcionava à base de moedas —, aparelhos foram vendidos no mundo todo e Edison chegou a montar um estúdio de produção de filmes. Por isso, causa estranheza o fato de não ter registrado patentes na Europa. Chegou-se a cogitar que Edison tenha duvidado do futuro comercial do cinema, algo pouco provável, dada a sua visão comercial apurada (embora isto, de fato, tenha ocorrido com os irmãos Lumière). O mais provável é que, devido às inúmeras inovações tecnológicas incorporadas ao cinetoscópio e ao cinetógrafo, em grande parte com patentes registradas por outros inventores europeus, Edison teria julgado arriscado tentar patentear seus produtos na Europa.

Tal fato providencial não passou despercebido pelos irmãos franceses Auguste (1862–1954) e Louis Lumière (1864–1948), que assistiram a uma apresentação do cinetoscópio em 1894. Ao perceberem os pontos fracos do cinetoscópio de Edison, os irmãos Lumière criaram o *cinematógrafo* (do grego “escrita em movimento”), embora a palavra — e alguns elementos do próprio equipamento — tenha sido registrada e patenteada dois anos antes por Léon Bouly (1872–1932). Por não ter pagado a taxa de renovação em 1894, a patente e o registro do nome ficaram disponíveis e foram comprados pelos irmãos.

Os irmãos Lumière também perceberam a necessidade de um movimento de filme intermitente e aperfeiçoaram o invento de Bouly: “Devemos recorrer a um dispositivo que ataque a película em repouso, que a acelere e a retarde até sua imobilidade, quando projetaremos a imagem. Temos de repetir este ciclo quinze vezes por segundo<sup>13</sup>”, disse Louis a Auguste.

O cinematógrafo reunia, em um único equipamento, câmera, revelador de filme e projetor. Diferentemente do aparelho de Edison, o cinematógrafo tinha imagem mais nítida, iluminação mais

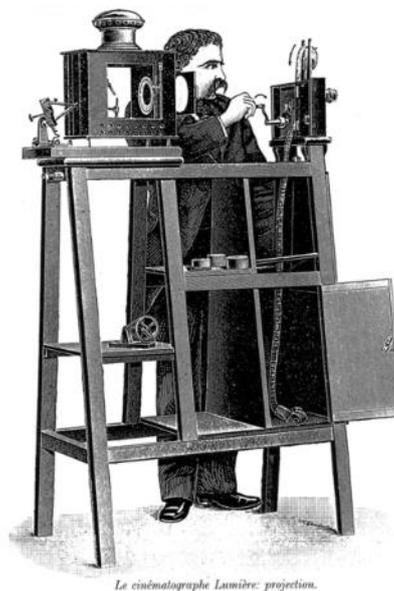


Figura 41. Cinematógrafo dos Lumière em modo projeção.

Louis Poyet/ Archives Château Lumière/ Wikimedia Commons/  
Domínio público

<sup>13</sup> HEYMANN, G. Irmãos Lumière. Luzes, câmera, ação. In: *Superinteressante: Perfil*, dez. 1991. Disponível em: <http://super.abril.com.br/tecnologia/irmaos-lumiere-invencao-cinematografo-luzes-camera-acao-440080.shtml>. Acesso em: out. 2012.

potente e podia ser projetada em tela. Em dezembro de 1895, os irmãos Lumière fizeram a primeira exibição pública (paga) de cinema, do filme *Saída da Fábrica Lumière em Lyon*. Os irmãos franceses podem não ter sido os inventores do cinema do ponto de vista tecnológico, mas foram os primeiros cineastas e os criadores do cinema como forma de entretenimento de massa.

É desnecessário estimar a importância do cinema para a cultura do século XX e ainda do século XXI. Mas, no século atual, o cinema com filme de película foi suplantado pelo cinema digital. Em 2013, a Fujifilm, última empresa japonesa a produzir filmes de rolo para cinema, encerrou sua produção de filmes analógicos, depois de quase 80 anos de produção contínua<sup>14</sup>.

As técnicas de captura, armazenamento e exibição de imagens em movimento estavam finalmente dominadas. Agora, só faltava criar um meio eficiente de transmissão. Faltava a *televisão*.

---

<sup>14</sup> APÓS 80 anos, Fujifilm deixa de fabricar rolos para filmes. **G1: Tecnologia e Games**, set. 2009. Disponível em: <<http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2012/09/apos-80-anos-fujifilm-deixa-de-fabricar-rolos-para-filmes.html>>. Acesso em: out. 2012.

## 6. TELEVISÃO

A capacidade de ver o que se passa a distância, seja no espaço ou no tempo, é um sonho antigo da humanidade. Muitas civilizações possuem alguma história ou lenda ligada a este tema. Um mito recorrente é o do espelho mágico, presente em muitas culturas antigas, da Grécia à China, do Império Asteca à Pérsia. Como uma tela de TV estava além do alcance da imaginação dos povos antigos, o espelho cumpria o papel de janela para mundo, natural ou sobrenatural, desde o mito de Narciso ao espelho de ojesed, da série Harry Potter, de J. K. Rowling, passando pelos contos dos irmãos Grimm, e outros escritores do porte de Goethe, Júlio Verne e Sir Walter Scott<sup>15</sup>.

Aos poucos, aquilo que era tratado como magia passa a ganhar contornos do que chamamos, hoje, de ficção científica. Como no romance — já citado aqui — *Giphantie*, de 1760, de Tiphaigne de la Roche, que além de antever a fotografia, também vislumbrou a televisão:

A primeira coisa em que fixei meus olhos foi um globo com um diâmetro considerável. Deste globo vinha o ruído que ouvi. De longe, era como um zumbido; de perto, era um barulho terrível, como uma mistura de gritos de alegria, de medo, cantos, sussurros, louvores, risos, gemidos de tudo que anunciam as fraquezas desmedidas e a alegria louca dos homens.

Pequenos canais imperceptíveis, disse o governador, vêm de todos os pontos da superfície da Terra e chegam até este globo. Seu interior é organizado de modo que a emoção do ar que se espalha através de tubos imperceptíveis leva energia à entrada do globo e torna-se sensível. De lá vem esta barulheira, este caos. Mas, para que serviriam esses sons confusos, se não tivéssemos encontrado uma maneira de discerni-los? Veja a imagem da Terra pintada neste globo, suas ilhas, seus continentes, seus mares que abraçam, unem e separam a todos. Você reconhece Europa, esta parte da Terra que tem causado tanto sofrimento para as outras três? A África em chamas, onde as artes e desejos que lhes seguem nunca entraram? A Ásia, cujo luxo que passa entre as nações europeias tem feito tão bem, segundo alguns, e muito mal, segundo outros? A América, ainda manchada com o sangue de seus habitantes infelizes, que os homens de uma religião cheia de doçura vieram converter e matar? Observe o ponto do globo que você quiser: colocando ali a ponta da vara que coloquei em suas mãos e a outra extremidade em seu ouvido, você vai ouvir distintamente tudo o que é dito no lugar correspondente na Terra [...]. O governador de *Giphantie* me deu um espelho. Você só pode adivinhar as coisas, disse ele, mas com esta vara e este vidro, será como se você estivesse presente em tudo o que acontece.

De um lugar para outro, continuou o espírito elemental, se encontra a atmosfera das porções de ar que os espíritos refletem de diferentes partes da Terra e retornam para o espelho à sua frente, de modo que, pela inclinação do espelho em direções diferentes, são mostradas diferentes partes da superfície da Terra. Poderemos ver tudo se virarmos o espelho sucessivamente em todas as direções possíveis. Você é o mestre do caminho dos seus olhos sobre as casas dos homens<sup>16</sup>.

É bem verdade que o globo do governador de *Giphantie* lembrava mais o *Big Brother* de George Orwell, mas a essência da televisão, com suas estações (a inclinação do espelho), transmissão via rádio (os canais imperceptíveis), fones de ouvido (a vara) e a possibilidade de ver o que se passa no mundo todo estavam lá.

<sup>15</sup> LANGE, A. *Les Ecrivains Racontent le Reve de la Vision a Distance. Histoire de La Television*. 2003. Disponível em: <<http://histv2.free.fr/litterature/ecrivains.htm>>. Acesso em: oct. 2012.

<sup>16</sup> LANGE, A. *Charles-François Tiphaigne De La Roche, Giphantie, 1760. Histoire de La Television*. Jan. 2002, tradução do autor. Disponível em: <<http://histv2.free.fr/litterature/tiphaigne.htm>>. Acesso em: oct. 2012.

Na Exposição Universal de 1900, em Paris, uma série de cartões intitulada *No ano 2000* tentava prever o futuro da tecnologia dali a cem anos (Figura 42). Na mesma exposição, num artigo para o Congresso Internacional de Eletricidade, o cientista russo Constantin Perskyi (1854–1906) utilizou, pela primeira vez, a palavra **télévision** (em francês) para descrever a tecnologia que, até então, existia apenas em teoria. Em seu livro *Beiträge zum Problem des electrischen Fernsehens* (*Contribuição sobre a questão da televisão elétrica*), de 1888, o cientista alemão Raphael Eduard Liesegang (1869–1947) cunhou primeiro a palavra *Fernsehen* (literalmente “ver longe”), posteriormente traduzida para o russo *televidenie* (телевидение), e daí adaptada para o francês e a maioria das línguas ocidentais (exceto as línguas germânicas, como o alemão, que ainda utiliza a palavra *Fernsehen*). C. P. Scott, editor do *Manchester Guardian*, reclamou: “Televisão? A palavra é meio grega, meio latina. Nada de bom vai sair daí<sup>17</sup>”. Um visionário, diante da programação de TV atual.



Expo Universelle, Paris/ Autor desconhecido

Figura 42. A televisão do ano 2000... imaginada em 1900.

É fato conhecido que o cinema nasceu mudo e teve que esperar três décadas até que fosse possível sincronizar o som com a imagem. Com a televisão, aconteceu o oposto: o som veio antes da imagem. Chamava-se: **rádio**.

<sup>17</sup> TELEVISION (TV). In: BRITANNICA Online, 2012. Disponível em: <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/1262241/television-TV>>. Acesso em: nov. 2012.

## 6.1 RÁDIO

Pode-se dizer, com certa liberalidade, que rádio é televisão sem imagem. Não porque o rádio permite transmitir som a distância, mas porque o *meio* utilizado pelo rádio é o mesmo da televisão: *ondas eletromagnéticas*. Não por acaso, a faixa de frequência entre 3 kHz e 300 GHz, usada tanto para transmissão de rádio quanto de TV, é chamada de *radiofrequência* (RF).

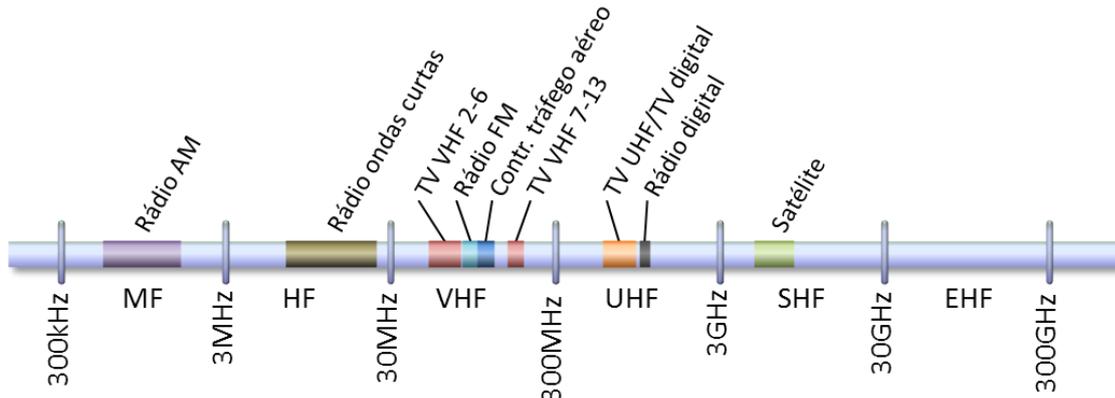


Figura 43. Espectro de radiofrequência com as faixas de frequência mais comuns.

A primeira transmissão de voz via rádio do mundo ocorreu em São Paulo, em 1893 ou 94. O autor da proeza foi o padre gaúcho Roberto Landell de Moura (1861–1928), que transmitiu sinais telegráficos e de voz entre a Avenida Paulista e o Alto de Santana, a oito quilômetros de distância<sup>18</sup>.

Tido tradicionalmente como o inventor do rádio, o físico italiano Guglielmo Marconi (1874–1937) realizou o primeiro teste bem-sucedido de telegrafia sem fios em 1895, em grande parte baseado nos experimentos demonstrados pelo genial inventor sérvio-americano Nicola Tesla (1856–1943), conhecido como projetista dos primeiros geradores de energia elétrica de corrente alternada, suplantando os geradores de corrente contínua de seu antigo padrão, Thomas Edison, predominantes até então. Também inventou o motor de corrente alternada e os sistemas de distribuição de energia elétrica que viriam a transformar radicalmente as cidades e o modo de vida das pessoas a partir do início do século XX. Geralmente retratado como protótipo do cientista louco amplamente difundido na cultura popular dos séculos XIX e XX, Tesla estava mais interessado nos estudos sobre geração e transmissão de energia elétrica (além de ocultismo e teorias sobre OVNI) e demorou a desenvolver aplicações práticas e comerciais para seu transmissor sem fio. Marconi, ao contrário, percebendo que teria pouco apoio do governo italiano, partiu para a Inglaterra, onde passou a comercializar seu telégrafo sem fio e, em 1899, conseguiu transmitir código Morse através do Canal da Mancha. Em 1901, fez a primeira transmissão transatlântica, da Inglaterra ao Canadá, de um sinal telegráfico. Em 1912, o telégrafo sem fio de Marconi demonstrou seu valor e ganhou popularidade ao captar o pedido de socorro da tripulação do HMS Titanic no célebre naufrágio. A equipe de telegrafistas que captou a mensagem em Nova York era liderada por um jovem de 19 anos, David Sarnoff. Falaremos dele mais adiante.

Não há reconhecimento definitivo da comunidade científica sobre o experimento de 1893/94 do padre Landell, já que não foi devidamente documentado. Porém, o padre-inventor repetiu sua demonstração em 3 de junho de 1900, diante da imprensa, de autoridades brasileiras e do cônsul britânico. O *Jornal do Comércio*, do Rio de Janeiro, noticiou uma semana depois:

<sup>18</sup> NETTO, L. *Tributo ao Padre-Cientista Roberto Landell de Moura*. 2011. Disponível em: [http://www.memoriallandelldemoura.com.br/landell\\_vida\\_obra.html](http://www.memoriallandelldemoura.com.br/landell_vida_obra.html). Acesso em: out. 2012.

No domingo próximo passado, no Alto de Sant'Ana, cidade de São Paulo, o padre Roberto Landell fez uma experiência particular com vários aparelhos de sua invenção, no intuito de demonstrar algumas leis por ele descobertas no estudo da propagação do som, da luz e da eletricidade, através do espaço, da terra e do elemento aquoso, as quais foram coroadas de brilhante êxito. [...] Assistiram a esta prova, entre outras pessoas, o Sr. P. C. P. Lupton, representante do Governo britânico, e sua família.<sup>19</sup>

Nesta demonstração, o padre Landell não apenas utilizou rádio como meio de transmissão (a que chamou de *telefone sem fio*), mas também apresentou um aparelho que transmitia voz e sinais de telégrafo por meio de luz, tornando-se, portanto, um dos precursores da comunicação por fibras ópticas (neste campo, fora precedido pelo *fotofone*, de Graham Bell, de 1880; falaremos disso mais adiante). Porém, a transmissão por luz mostrou-se pouco prática, comparada com o rádio, pois seu alcance era menor e dependia de visada direta entre transmissor e receptor. Dois dias depois, Landell teve seu laboratório em Campinas destruído por um grupo de fanáticos, assustados com o “padre-bruxo”, “herege”, “feiticeiro perigoso” e “charlatão” que tinha uma máquina dos infernos capaz de captar vozes do além. Em 1901, Landell de Moura patenteou suas invenções no Brasil e, em 1904, nos Estados Unidos, fato que teve alguma repercussão na imprensa americana<sup>20</sup>.

Nesta época, o rádio de Marconi já era amplamente usado no mundo, mas ainda transmitindo apenas sinais telegráficos. Em 2004, Marco Aurélio Cardoso Moura, seguindo o projeto patenteado pelo padre Landell, construiu uma réplica de seu Transmissor de Ondas, que comprovou ser perfeitamente funcional (Figura 44). Em 1905, Landell solicita ao presidente Rodrigues Alves dois navios para demonstrar a utilidade de seus aparelhos. O presidente recusa o pedido após seu representante concluir que o padre era maluco, pois em sua empolgação, afirmara que seu invento poderia ser usado até para comunicação interplanetária (no que estava absolutamente correto). Desiludido, sem apoio governamental e de seus superiores na Igreja, Landell de Moura passou as últimas décadas de vida longe do laboratório, dedicando-se apenas à função religiosa.



Marco Aurélio Cardoso Moura/A Minha Rádio

Figura 44. Réplica funcional do transmissor de ondas de Landell de Moura.

<sup>19</sup> *Id.*

<sup>20</sup> NETTO, L. Roberto Landell de Moura. *A Minha Rádio*, 2006. Disponível em: <[http://www.aminharadio.com/radio/biografia\\_landell](http://www.aminharadio.com/radio/biografia_landell)>. Acesso em: out. 2012.

## 6.2 TELEVISÃO MECÂNICA

Como acontece com vários avanços tecnológicos complexos, não é possível apontar um único autor para certas invenções. No caso da televisão, é possível, pelo menos, apontar um ano como marco inicial: 1873, ano em que o engenheiro elétrico inglês Willoughby Smith (1828–91) descobriu as propriedades fotoelétricas do selênio, elemento descoberto meio século antes pelo químico sueco Jöns Jacob Berzelius (1779–1848). No ano anterior, ao investigar materiais para uso em cabos transatlânticos, o telegrafista inglês Joseph May já havia observado que o fio de selênio tinha condutividade elétrica variável, mas não percebeu sua relação com a presença de luz. Em 1875, o industrial alemão Werner von Siemens (1816–92), fundador da empresa homônima, observou que a resistência elétrica do selênio é inversamente proporcional à raiz quadrada da intensidade da luz incidente. Ou seja, quanto mais luz, maior a intensidade de corrente que atravessa uma célula de selênio.

Um dos primeiros a tirar proveito desta propriedade foi o cientista escócio-americano Alexander Graham Bell (1847–1922), ao criar o *fotofone*, em 1880, telefone que transmitia sinais elétricos por meio de luz, em vez de fios elétricos, captada por uma célula de selênio. Bell considerava o fotofone era uma invenção ainda mais importante do que sua criação mais famosa, o telefone, patenteado quatro anos antes.

Em 1877, Bell fez, em Lisboa, uma demonstração pública de seu telefone (com fio). Na plateia, estava o cientista português Adriano de Paiva (1847–1907), professor da Universidade do Porto, que concebeu um sistema semelhante ao de Bell para a transmissão de imagens animadas. Num artigo chamado *A telefonia, a telegraphia e a telescopia*, de 1877, Paiva propõe, pela primeira vez, a utilização do selênio no lugar da placa sensível de uma câmara escura (num instrumento de existência apenas teórica, na época, chamado *teletroscópio*) e a transmissão do sinal elétrico por meio do telefone de Bell (a grafia original foi mantida):

[...] as experiências que tencionávamos realizar [...] consistiam em ensaiar o emprego do selênio como placa sensível da câmara escura do telectroscópio. Este corpo, com efeito, goza de uma notável propriedade [...]. Quando interposto em um circuito eléctrico que passa em um galvanómetro, faz desviar sensivelmente a agulha deste, todas as vezes que um fascículo luminoso vem incidir sobre ele, e demais este desvio é diverso sob a influência das radiações de diferente cor.

[...] Muito desejáramos que o selênio, aplicado ao fim que acabamos de indicar, pudesse produzir o desejado efeito, se não nas nossas, em outras mais hábeis mãos. Seria para nós um dia do maior júbilo aquele em que lográssemos ver o telefone eléctrico aperfeiçoado e o telectroscópio funcionando. [...] Com estes dois maravilhosos instrumentos, fixo em um posto do globo, o homem estenderá a todo ele as faculdades visual e auditiva. A ubiquidade deixará de ser uma utopia para tornar-se perfeita realidade.

Então, por toda a parte à superfície da terra, se cruzarão fios condutores, encarregados de importantíssima missão; serão eles os ductos misteriosos que conduzirão, até ao observador, as impressões recebidas pelos órgãos artificiais, que o génio humano soube transportar a todas as distâncias<sup>21</sup>.

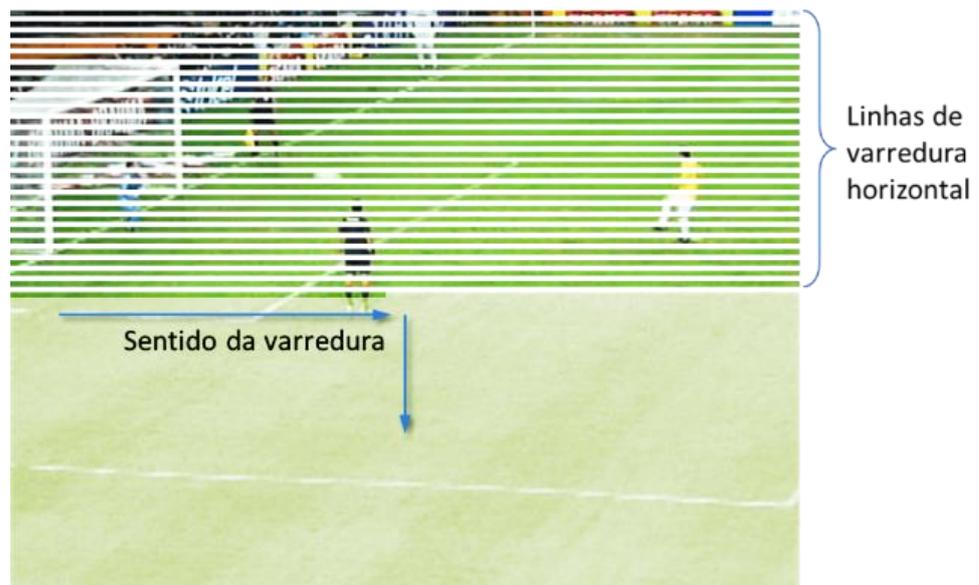
A espantosa proposta de Paiva descreve com precisão o princípio de funcionamento da televisão mecânica, sendo, portanto, a primeira ideia factível para a criação da televisão e atestam seu pioneirismo. Apesar de ter o laboratório de física da Universidade do Porto à disposição, Paiva não demonstrou interesse em colocar suas ideias em prática, possivelmente devido à sua formação acadêmica em Coimbra, mais voltada a estudos teóricos.

<sup>21</sup> PAIVA, A. de. *A telefonia, a telegraphia e a telescopia*. In: *O Instituto - revista científica e literária*, XXV ano, Segunda Série, julho de 1877 a Junho de 1878, nº 9, pp. 414-421, Coimbra, Imprensa da Universidade, mar. 1878. Disponível em: [http://histv2.free.fr/de\\_paiva/telescopie2.htm](http://histv2.free.fr/de_paiva/telescopie2.htm)

Em 1880, o engenheiro francês Maurice Leblanc (1857–1923) publicou o artigo *Étude sur la transmission électrique des impressions lumineuses* no periódico *La Lumière Électrique* que formou as bases da televisão. Segundo Leblanc, um sistema de televisão deveria cumprir cinco funções:

- Converter luz em eletricidade por meio de um transdutor (célula fotoelétrica);
- Quebrar a imagem em suas partes constituintes por meio de um dispositivo de varredura;
- Sincronizar o receptor e o transmissor;
- Converter os sinais elétricos novamente em luz;
- Exibir a imagem numa tela.

Leblanc propôs um mecanismo de **varredura** que aproveitaria a retenção temporária da imagem pela retina. Ele imaginou uma célula fotoelétrica que captaria apenas uma porção, ou fatia, da imagem de cada vez, retornando ciclicamente ao início, de forma parecida a que o olho utiliza para ler uma página de livro. O conceito seria aproveitado, em 1884, pelo técnico e inventor alemão de origem pomerânia Paul Gottlieb Nipkow (1860–1940) em seu disco de varredura e é usado até hoje nas televisões eletrônicas, tanto analógicas quanto digitais.



*Figura 45. Exemplo de varredura horizontal, feita da esquerda para a direita e de cima para baixo. As linhas na metade superior indicam a parte da imagem que já foi varrida, ou "fatiada". A metade inferior ainda não foi varrida.*

Nipkow propôs uma técnica de captura para realizar o "fatiamento" da imagem: um disco rotativo com orifícios distribuídos regularmente em espiral (Figura 46), com uma célula fotoelétrica de selênio posicionada atrás, para capturar a luz refletida pelo objeto.

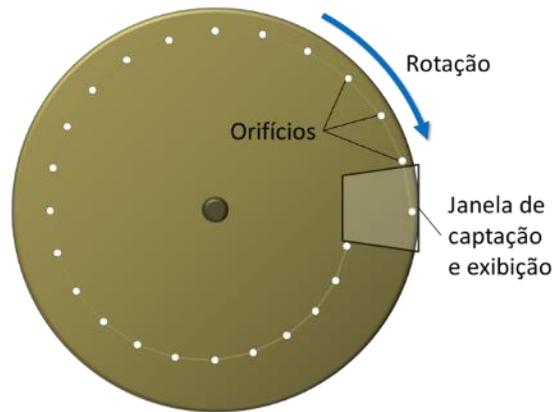


Figura 46. Disco de Nipkow.

O princípio de funcionamento é surpreendentemente simples. Conforme vemos na Figura 47, à medida que o disco gira em alta velocidade, cada orifício (do mais externo ao mais interno) passa em frente ao objeto [A], expondo ao sensor fotoelétrico apenas uma “fatia” deste [B]. (Para fins didáticos, vamos considerar que esta “fatia” é uma linha reta, embora seja, de fato, curva, já que descreve parte de uma trajetória circular.)

Ao percorrer a imagem, o orifício deixa passar mais ou menos luz para o sensor [C], que irá traduzir a luz recebida em corrente elétrica [D]: quanto mais brilho, maior a intensidade da corrente, como podemos perceber ao seguir as linhas vermelhas. No lado do receptor, uma lâmpada posicionada atrás de outro disco de Nipkow reproduz o sinal elétrico captado [D], reconstruindo as fatias da imagem num visor [E] (v. vídeo de exemplo neste [link](#)<sup>22</sup>). O exemplo da figura mostra uma imagem com 24 linhas de varredura. Nipkow não colocou sua ideia em prática devido às limitações tecnológicas da época, mas estavam definidas as bases do que viria a ser a *televisão mecânica* ou *eletromecânica*.

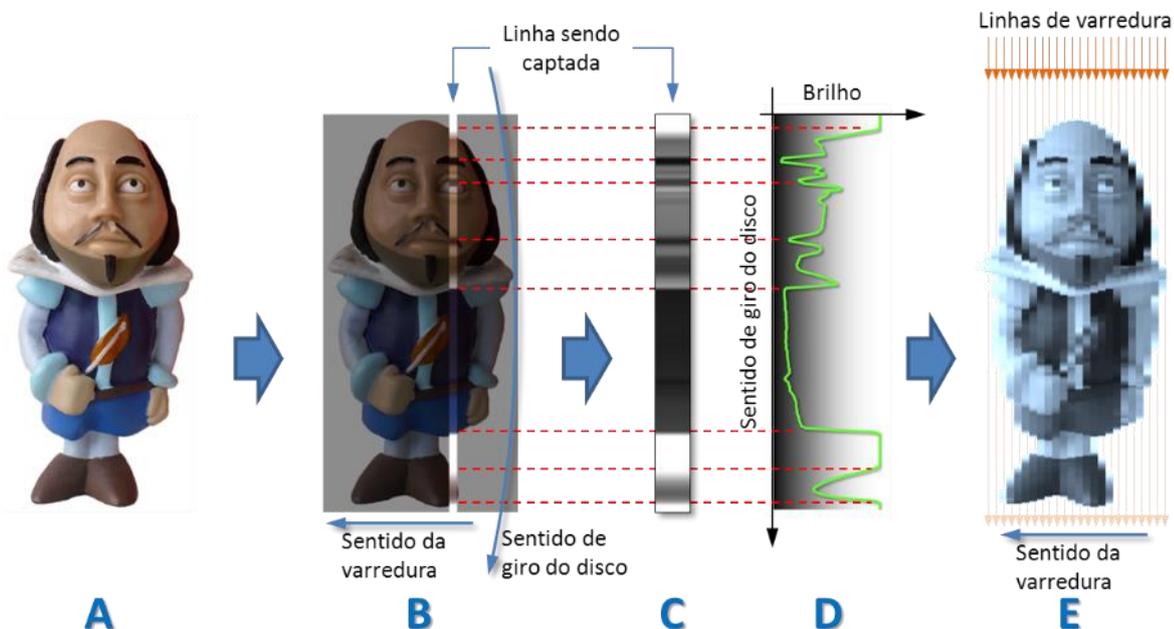


Figura 47. William Shakespeare ajuda a demonstrar a captação de imagem pelo disco de Nipkow.

<sup>22</sup> Vídeo em exemplo em <https://youtu.be/dOtfDXVKqIU>.

Somente em 1922, já dispo de células mais sensíveis, de lâmpadas mais potentes e de um transmissor de rádio, Charles Francis Jenkins (o inventor do *Phantoscope*, lembram?) conseguiu a primeira transmissão de imagem por ondas de rádio utilizando o disco de Nipkow, mas inicialmente transmitia apenas imagens estáticas, como um fax, ou silhuetas de imagem em movimento. Em 1925, o engenheiro escocês John Logie Baird (1888–1946) conseguiu a primeira transmissão bem sucedida utilizando uma televisão mecânica, também chamada de *televisão de Baird*, ou *televisor*, como ele mesmo batizou. Devido à baixa velocidade de reação do sensor, a resolução da imagem era muito baixa: 30 linhas verticais a cinco quadros por segundo. O exemplo da Figura 47 tem apenas 24 linhas verticais.

A Figura 48 mostra, de forma simplificada, o processo de transmissão e recepção da televisão eletromecânica de Baird. A imagem formada no visor tinha forma retangular, com apenas cinco centímetros de altura por dois de largura. Em alguns televisores, a imagem podia ser ampliada por uma lente e chegar a 15 cm de altura. Também era possível transmitir som simultâneo, por meio de uma frequência de rádio separada.

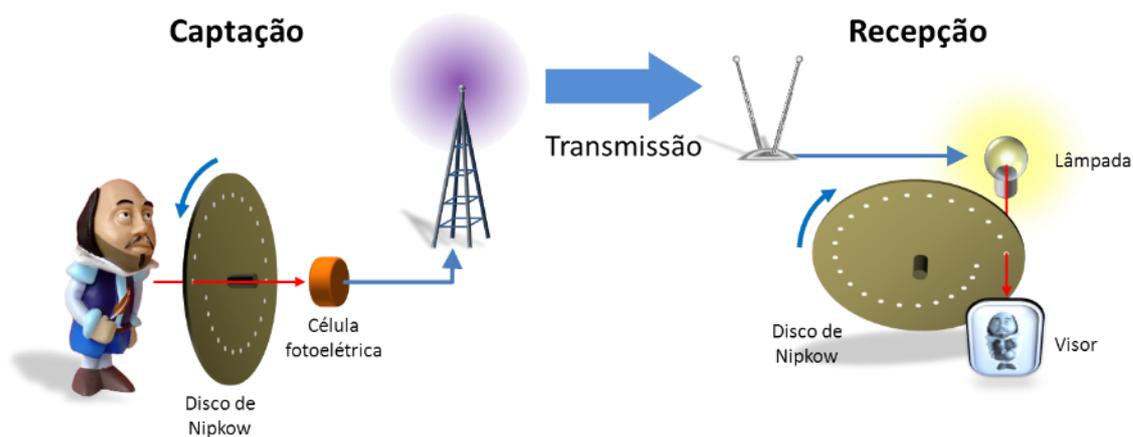


Figura 48. Processo de transmissão e recepção da televisão de Baird.

Em 1928, a *General Electric Company* (GE), por meio do canal WRGB (atualmente afiliado à rede CBS) iniciou a primeira transmissão regular de televisão, em Schenectady, Nova York, utilizando um sistema projetado pelo sueco-americano Ernst Alexanderson (1878–1975), de 24 linhas de resolução vertical a 21 quadros por segundo. No ano seguinte, Baird convenceu a *British Broadcasting Corporation* (BBC) a fazer transmissões experimentais de 30 linhas, a 12 quadros por segundo, tornando-se regulares entre 1932 e 1937. Inicialmente, eram programas de 30 minutos, produzidos pelo próprio Baird, e transmitidos à meia-noite, três vezes por semana. Nos anos seguintes, milhares de espectadores compraram ou construíram seus próprios aparelhos, na primeira grande onda da televisão.

O tamanho do disco e a velocidade de transmissão, porém, eram fatores limitadores da qualidade de imagem. As pequenas dimensões da tela, com imagens bruxuleantes e fracas, a baixa resolução, o barulho gerado pelo disco giratório e o excesso de peças mecânicas eram pontos negativos da TV mecânica, em comparação com a eletrônica, surgida poucos anos depois. Devido à baixa qualidade da imagem, os programas eram simples, repetitivos e monótonos (parece que não evoluímos muito neste ponto). Apesar de a resolução da imagem ter aumentado gradualmente, até chegar a 120 linhas (e 240 em laboratório, em 1936), a televisão mecânica foi rapidamente suplantada pela televisão totalmente eletrônica, que, desde o início, nos anos 1930, já superava facilmente 300 linhas.



Malcolm Baird / London Science Museum



Site: View From the Mirror

Figura 49. Esq.: Baird ao lado do protótipo de seu transmissor de TV mecânica em 1926; a cabeça de marionete foi usada como modelo em suas transmissões experimentais. Dir.: televisor de Baird da década de 1930. Ao fundo é possível ver o cofre contendo o disco de Nipkow. O visor, com uma lente de 15 cm x 6,4 cm, aparece no lado direito da caixa.

As duas tecnologias de TV, mecânica e eletrônica, chegaram a coexistir, entre 1936 e 1939, quando as vantagens técnicas e econômicas da TV eletrônica se tornaram evidentes, e a televisão mecânica foi aposentada.

A baixa resolução da imagem teve, porém, um inesperado efeito colateral positivo para as gerações futuras: a quantidade de informação era tão pequena, que foi possível gravar as imagens em discos de áudio de gramofone de 78 rpm (antepassados dos discos de vinil), enquanto que a televisão eletrônica precisou esperar até a década de 1950 para ter os primeiros registros gravados (em fita magnética). Cerca de meia dúzia destes discos chegaram aos nossos dias e, entre 1996 e 1998, foram restaurados e digitalizados por Don McLean. Um destes registros históricos, gravados entre 1927 e 1933, pode ser visto neste [link](#)<sup>23</sup>. Uma reconstrução moderna de um televisor de Baird, exibindo filme do cantor dinamarquês Buster Larsen gravado em 1960, pode ser vista neste [link](#)<sup>24</sup>.



Don McLean

Figura 50. Fotografia da cantora Betty Bolton obtida da tela de uma televisão de Baird em 1934.

A televisão mecânica poderia ter sido apenas mais uma curiosidade histórica, uma nota de rodapé, destino comum a tantas tecnologias defuntas, não tivesse deixado dois legados fundamentais para as novas tecnologias:

- Foi a primeira a utilizar o conceito de **varredura**, o fatiamento da imagem, decompondo-a em pequenas partes para posterior recomposição no televisor. Este princípio é utilizado até hoje em TVs analógicas e digitais, com a diferença de que a varredura era feita na ordem vertical-horizontal, ao contrário das técnicas atuais. O conceito de fatiamento também é usado atualmente em impressoras e scanners e na medicina, em tomógrafos e equipamentos de ressonância magnética, por exemplo. O próprio disco de Nipkow, numa versão moderna, é utilizado hoje em microscópios confocais;
- Foi a primeira a permitir a **gravação** de imagem e som em discos comuns de áudio, por meio de um processo que Baird chamou de fonovisão.

<sup>23</sup> Vídeo recuperado em <<https://youtu.be/aAghw8DH7w8>>. Outros vídeos como este podem ser vistos em <<http://www.tvdawn.com/earliest-the-marcus-games-discs-1932-35/>>.

<sup>24</sup> Vídeo em <<https://youtu.be/7FzdGSa2kfk>>.

## 6.3 TELEVISÃO ELETRÔNICA ANALÓGICA

Em 1880, o mesmo ano em que Leblanc publicou seus estudos com as bases de um sistema de televisão, a revista britânica *Nature* especulou que a televisão seria possível, mas economicamente inviável. Pouco depois, um artigo <sup>25</sup> da *Scientific American* pensou em alguns possíveis usos da televisão, mas entretenimento não era nenhum deles.

Em 1908, bem antes de as limitações do sistema mecânico tornarem-se evidentes, o engenheiro elétrico escocês Alan Archibald Campbell-Swinton (1863–1930) escreveu que estas limitações “podem provavelmente ser resolvidas com o emprego de dois feixes de raios catódicos<sup>26</sup>” em vez de discos giratórios. De fato, no ano anterior, o cientista russo Boris Rosing (1869–1933), professor do Instituto de Tecnologia de São Petersburgo, uniu, em um único equipamento, um captador mecânico e um receptor com **tubo de raios catódicos** (CRT, na sigla em inglês).

Mas, o que é mesmo um *raio catódico*?

Raios catódicos são feixes de elétrons observados em tubos de vácuo ou contendo gás a baixa pressão (um tipo de válvula eletrônica). Aplicando-se uma tensão elétrica num tubo de vidro selado a vácuo e equipado com dois eletrodos (anodo = positivo e catodo = negativo), o vidro do lado oposto ao eletrodo negativo brilha, devido aos elétrons emitidos pelo catodo (conectado ao polo negativo da fonte de alimentação elétrica).

Um dos primeiros a demonstrar a existência dos raios catódicos foi o cientista inglês William Crookes (1832–1919), entre 1869 e 1875, ao aplicar tensões de alguns volts a 100 kV em tubos de quase vácuo (com ar à pressão de, pelo menos,  $10^{-6}$  atmosferas). Ao aproximar um ímã do tubo, Crookes percebeu que a trajetória do raio catódico era alterada pelo seu campo magnético.

Ao estudar os efeitos do magnetismo sobre um raio catódico, o físico inglês J. J. Thomson (1856–1940) chegou, em 1897, a três importantes conclusões:

- Raios catódicos possuem carga elétrica;
- Raios catódicos podem ser defletidos por um campo elétrico (Figura 52);
- Raios catódicos possuem massa.

Esta última valeu a Thomson o prêmio Nobel de física de 1906, pois provou que os raios catódicos são feitos de matéria, uma partícula subatômica que batizou de “corpúsculo”, demonstrando que um átomo é feito de partículas ainda menores. Hoje, esta partícula é conhecida por outro nome: **elétron**.

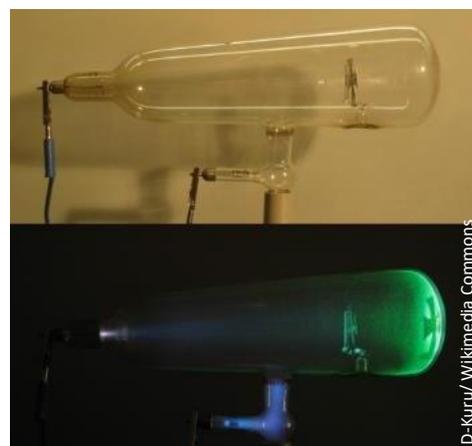
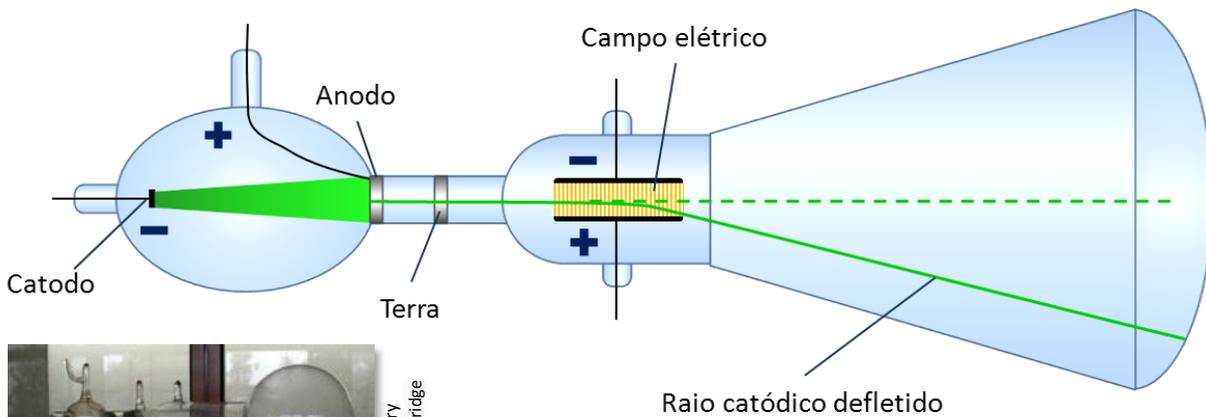


Figura 51. Tubo de Crookes desligado (alto) e ligado. Os elétrons trafegam do catodo (à esquerda do tubo) ao anodo (embaixo do tubo). O anteparo em forma de cruz deixa uma sombra na frente do tubo.

<sup>25</sup> TELEVISION (TV). In: BRITANNICA Online, 2012. Disponível em: <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/1262241/television-TV>>. Acesso em: nov. 2012.

<sup>26</sup> Id.

Ao utilizar dois campos elétricos, um gerando deflexão na direção horizontal e outro na vertical, Boris Rosing conseguiu, em 1907, formar figuras geométricas simples num CRT.



Cavendish Laboratory  
University of Cambridge

Figura 52. Experimento de Thomson. Ao passar por um campo elétrico, o feixe de raios catódicos sofre uma deflexão proporcional à intensidade e à polaridade do campo. No detalhe, o tubo de Braun usado por Thomson para descobrir o elétron.

Em 1923, o russo-americano Vladimir Kosma Zworykin (1889–1982), ex-aluno de Rosing, requereu o registro de patente de um sistema de televisão totalmente eletrônico, quando trabalhava para a *Westinghouse Electric Company*, empresa subsidiária da *Radio Corporation of America* (RCA), apesar de não tê-lo ainda construído devido ao alto custo. O vice-presidente e gerente geral da RCA à época era o bielorrusso-americano David Sarnoff (1891–1971), aquele mesmo que captou o pedido de socorro do *Titanic* (v. capítulo 6.1). Somente em 1929, Zworykin convenceu Sarnoff a investir em seu projeto 100 mil dólares (da época) por dois anos.

Enquanto isso, a primeira demonstração de um sistema eletrônico primitivo já havia sido feita em 1927, em San Francisco, pelo estudante americano Philo Taylor Farnsworth (1906–71): a imagem do símbolo “\$”, composto de 60 linhas horizontais. Nascido e criado numa fazenda e sem ter cursado a universidade, Farnsworth inspirou-se na série de linhas causada pelo movimento de vaivém de um arado no campo para a varredura de uma imagem. Farnsworth convenceu investidores de que tornaria seu projeto economicamente viável em apenas seis meses, ao custo de 5 mil dólares. (Na verdade, os projetos de Zworykin e Farnsworth consumiram mais de 50 milhões de dólares antes de começarem a dar lucro.)

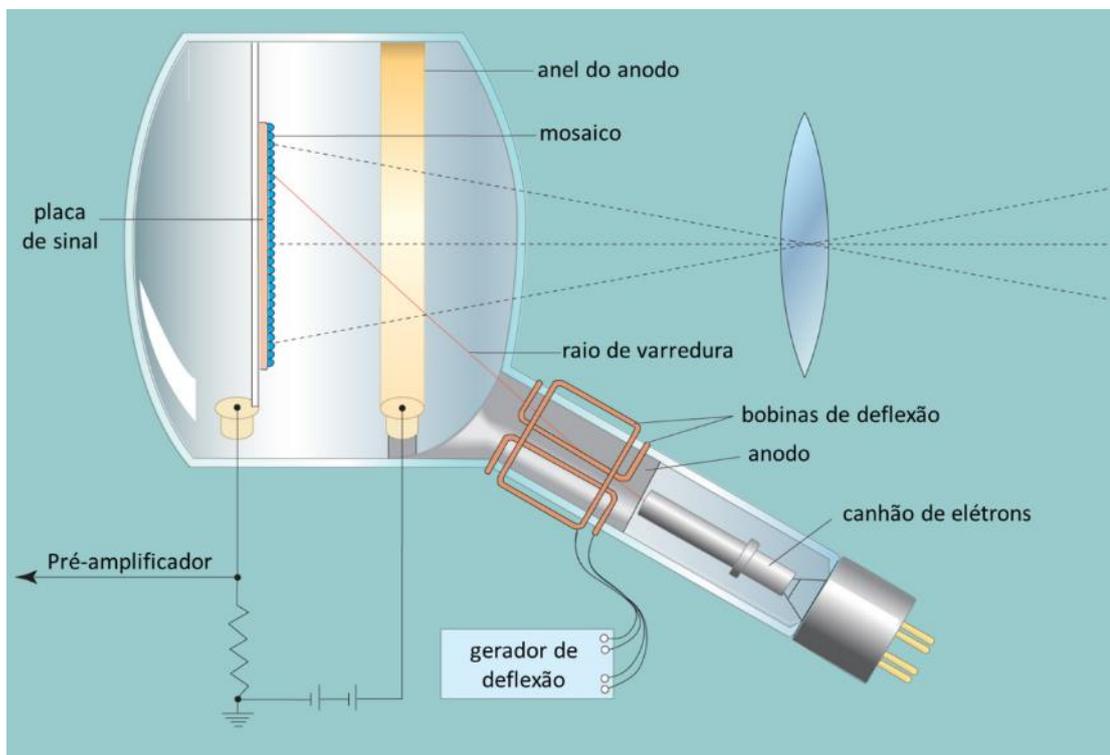
Zworykin utilizou seu fundo de pesquisa da RCA para desenvolver um tubo receptor de raios catódicos funcional, a que chamou de **cinescópio** (nome ainda em uso), enquanto Farnsworth aperfeiçoou sua câmera de tubo, chamada *dissecador de imagens* (Figura 53). Em 1930, Zworykin visitou o laboratório de Farnsworth, onde assistiu a uma demonstração do dissecador de imagens. Nesse momento, uma cooperação entre ambos poderia ter dado frutos, mas a competição e a busca por lucro falaram mais alto. Farnsworth recusou sumariamente uma proposta de 100 mil dólares de Sarnoff, da RCA, por suas patentes e preferiu juntar-se à rival Philco, à qual logo deixaria para fundar a sua própria empresa.



Smithsonian Institution

Figura 53. Dissecador de imagens de Farnsworth (1927).

Então, em 1931, a equipe de Zworykin na RCA, aproveitando-se dos estudos de Farnsworth para o dissecador de imagens, apresentou uma câmera de tubo chamada *Iconoscópio* (Figura 54). Em 1932, a disputa entre Farnsworth e a RCA foi parar nos tribunais, ambos reivindicando a invenção da televisão eletrônica. A disputa terminou em 1939, com a vitória de Farnsworth, e a RCA foi obrigada a assinar um acordo de pagamento de *royalties* para a *Farnsworth Television and Radio, Inc.* Mas, devido ao seu tamanho e à boa imagem junto ao público, a RCA acabou ficando com os créditos da invenção. No mesmo ano, na Feira Mundial de Nova York, Sarnoff inaugura a primeira transmissão regular de televisão nos Estados Unidos. O trabalho conjunto de Farnsworth e Zworykin, a câmera de tubo, foi utilizado até o final do século XX, quando foi substituído pelos sensores eletrônicos CCD. Mesmo destino tiveram os tubos de raios catódicos, superados pelas telas de LCD e plasma. Em setembro de 2012, a holandesa *Cathode Ray Technology*, a última fábrica de CRTs da Europa, encerrou suas atividades.



Encyclopædia Britannica, Inc.: Television (TV) – tradução do autor

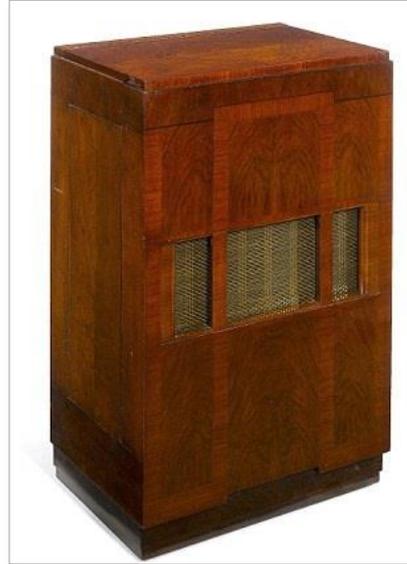
*Figura 54. Iconoscópio de Zworykin, utilizado pela RCA em 1939. A cena a ser captada é focalizada em um mosaico de pequenos globos fotossensíveis de prata tratada, que absorve uma carga elétrica proporcional à intensidade da luz. Um estreito raio de varredura, disparado por um canhão de elétrons e traçado no mosaico por bobinas de deflexão magnética, faz com que uma sequência de tensões elétricas passe por uma placa de sinal. O sinal da imagem passa, então, por um pré-amplificador e é transmitido para o receptor.*

Alheios às brigas jurídicas no lado de cá do Atlântico, os ingleses travavam uma disputa no campo tecnológico: TV mecânica x TV eletrônica. Em 1931, a *Gramophone Company, Ltd.* e a filial londrina da *Columbia Phonograph Company* uniram-se para formar a *Electric and Musical Industries, Ltd.* (EMI). Graças aos laços entre a Gramophone e a RCA, a EMI tomou conhecimento das pesquisas de Zworykin e, sob a supervisão de Isaac Shoenberg (1880–1963), desenvolveu, entre 1931 e 1935, um sistema eletrônico completo, reproduzindo imagens em movimento de 405 linhas a 25 quadros por segundo (padrão Marconi-EMI). John Baird, naturalmente, não gostou daquilo que considerava uma intrusão de um sistema “não inglês”. Em 2 de novembro de 1936, a BBC instituiu uma competição entre a TV de Baird e a EMI, transmitindo nos dois sistemas simultaneamente a partir do Alexandra Palace (considerada, na época, “a primeira estação de televisão regular de alta definição do mundo”). Baird ainda tentou dar alguma sobrevida ao seu sistema mecânico, realizando experiências com até 240 linhas e em cores, mas,

já em janeiro de 1937, a BBC encerrou as transmissões de TV mecânica. Baird morreu poucos anos depois, quase esquecido e na miséria. Já o padrão Marconi-EMI foi utilizado pela BBC até 1964, quando foi substituído (como em quase toda a Europa) pelo padrão de 625 linhas a 25 fps. Nos Estados Unidos (e no Brasil), o padrão adotado desde os anos 1950 foi de 525 linhas a 30 fps (padrão NTSC).



Figura 55. Televisor eletrônico mais antigo da Inglaterra ainda em funcionamento, um Marconi tipo 702 com tela de 12 polegadas, de 1936 (acima, aberto; ao lado, fechado). O tubo fica na caixa, virado para cima, com a imagem refletida em um espelho na tampa. Custava 100 libras (4 mil libras atualizadas).



Bournemouth News & Picture Service/ Daily Mail

Fora do eixo EUA-Inglaterra, o resto do mundo não estava de braços cruzados. De forma independente de seus pares ocidentais, o professor japonês Kenjiro Takayanagi (1899–1990), em 1926, apenas um ano após a primeira transmissão de Baird, transmitiu o caractere japonês 一 captado por um disco de Nipkow (como Baird), mas exibido com 40 linhas num tubo de Braun (um aperfeiçoamento do tubo de Crookes e precursor do cinescópio). Foi o primeiro receptor eletrônico de TV do mundo. Em 1928, Takayanagi transmitiu a imagem de uma pessoa com 40 linhas de varredura a 14 quadros por segundo. Em 1935, trabalhando para os Laboratórios de Pesquisa Técnica e Científica da NHK (emissora de TV japonesa), Takayanagi aperfeiçoou o iconoscópio de Zworykin, atingindo, em 1937, 441 linhas a 30 fps, utilizando, pela primeira vez, a **varredura entrelaçada**, em que linhas ímpares e pares são captadas e exibidas separadamente. A varredura entrelaçada (que se tornou padrão no mundo analógico até a popularização dos monitores de computador nos anos 1970) foi uma solução para o indesejável efeito de *flicker*, em que a imagem parece piscar de forma desagradável. Também foi uma forma de duplicar a taxa de quadros por segundo, numa época em que a capacidade da banda de transmissão era muito limitada.

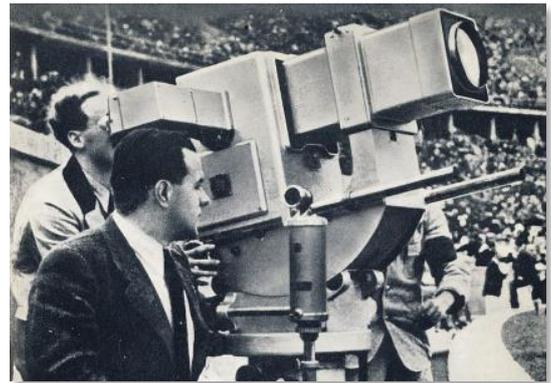


Sph/ NHK Broadcasting Museum, Tóquio

Figura 56. Reconstituição do experimento de Takayanagi (1926). A imagem do caractere japonês 一, desenhada na tela (esq.), é captada pelo disco de Nipkow (centro), transmitida e exibida no primeiro aparelho de televisão eletrônica do mundo (dir.).

Os Jogos Olímpicos de Berlim, em 1936, foram o primeiro grande evento a ser transmitido pela televisão, como parte dos esforços de propaganda nazista. Usando equipamentos desenvolvidos pelo engenheiro Walter Bruch, da Telefunken, as imagens foram transmitidas para receptores colocados em algumas salas de exibição em Berlim e na vizinha Potsdam. As imagens, de 180 linhas de varredura, eram de baixa qualidade. Segundo um jornalista do *The New York Times*:

Não dá para ver as Olimpíadas pela televisão ainda. Tudo o que se consegue ver são alguns homens vestidos de atletas, mas fracamente discerníveis, como pessoas flutuando numa banheira de leite. Apenas os jogos de polo podem ser assistidos com razoável clareza quando são usados cavalos pretos ou castanhos. Todos os objetos brancos têm que ser mais intuídos do que vistos, como vagos borrões numa bagunça leitosa<sup>27</sup>.



Telefunken-Bild, Berlin / Wikimedia Commons

Figura 57. Câmera Olympia-Kanone, da Telefunken, nas Olimpíadas de Berlim, operada por Walter Bruch.

Durante a Segunda Guerra Mundial (1939–45), quase todos os países envolvidos interromperam suas transmissões, pelo temor de que os sinais de TV pudessem ser usados para guiar os aviões inimigos. Antes da guerra, apenas umas poucas cidades na Inglaterra, Estados Unidos, Alemanha, França, União Soviética, Japão, Itália, Canadá e Polônia recebiam transmissões regulares de TV (mecânica ou eletrônica). Nos cinco anos que se seguiram à guerra, Brasil, México, Cuba e Suíça passaram a transmitir regularmente, além de transmissões experimentais nas Filipinas, Tchecoslováquia, Chile e Holanda.

Em 4 de outubro de 1957, a União Soviética lança o satélite artificial *Sputnik 1*, o primeiro objeto feito pelo homem a entrar em órbita da Terra. O satélite meteorológico da NASA *TIROS 1* foi o primeiro a transmitir um sinal de TV a partir do espaço, em 1960, enquanto que o *Telstar 1*, também americano, foi o primeiro a retransmitir sinais de TV entre dois pontos da Terra. O *Syncom 3*, da NASA, de 1964, foi o primeiro a transmitir sinais de televisão em órbita geoestacionária, o que permitia manter um canal de comunicação permanente. O sistema soviético *Orbita*, de 1967, foi a primeira rede de televisão via satélite do mundo. Em 1969, 600 milhões de pessoas (quase 20% da população mundial) assistiram, ao vivo, via satélite, à chegada do homem à Lua. No ano seguinte, a Copa do Mundo do México foi transmitida para mais de 50 países (Brasil, inclusive), via satélite. A partir de meados da década de 1970, as transmissões de TV via satélite tornaram-se rotineiras.

O desenvolvimento da televisão, pelo que vimos aqui, não pode ser creditado a uma única pessoa, mas foi o resultado do trabalho coletivo de inúmeros cientistas, universidades, empresas e governos. Talvez nem imaginassem que estavam prestes a testemunhar a maior revolução cultural da humanidade desde Gutenberg.

<sup>27</sup> TETREAULT, Michelle. *Television. World War II*, Aug. 5, 2006. Disponível em: <<http://wwii-realtime.blogspot.com.br/2006/08/television.html>>. Acesso em: Mar. 2018.



Ralph Morse/The LIFE Picture Collection/Getty Images

*Figura 58. Menino vê uma televisão pela primeira vez numa vitrine de loja (1949).*

## 6.4 APERFEIÇOAMENTOS

### 6.4.1 CORES

Entre 1670 e 1672, em seus famosos estudos com lentes e prismas sobre a natureza da luz, Isaac Newton demonstrou que a luz branca, ao contrário da crença na época, não era uma luz incolor, mas a combinação de todas as cores do espectro. Na verdade, as cores são a forma como nosso cérebro interpreta as diferentes frequências de ondas eletromagnéticas, dentro do que chamamos de faixa de luz visível do espectro: entre 430 THz (vermelho) e 750 THz (violeta). Imediatamente abaixo e acima disso (respectivamente infravermelho e ultravioleta), temos cores não visíveis aos olhos humanos.

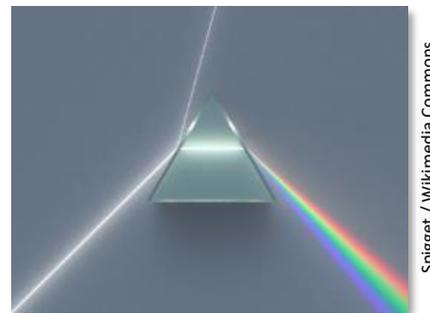


Figura 59. Prisma decompondo a luz branca.

O olho humano é formado por dois tipos de células sensíveis à luz: os *bastonetes*, que detectam intensidade de luz e formas, e os *cones*, que detectam cores. A retina tem, em média, 120 milhões de bastonetes, contra 4,5 a 6 milhões de cones, tendo, portanto, uma resolução muito maior para formas do que para cores (o mesmo pode-se dizer, de modo geral, em relação a câmeras: em ambientes pouco iluminados, as câmeras monocromáticas são mais eficientes do que as coloridas). As células cones são ainda subdivididas em três tipos, cada um sensível a uma cor: **vermelho, azul e verde**; são as chamadas **cores primárias**. Por este motivo, o olho humano é chamado de *tricromático*. A combinação destas três cores, em diferentes gradações, pode chegar a uma combinação de 1 milhão a 10 milhões de tons. Porém, a decomposição de todas as cores em apenas três cores primárias não é uma característica universal da luz, mas uma peculiaridade da visão humana e de alguns primatas. Outros animais, como peixes e aves possuem um quarto tipo de cone, geralmente sensível ao ultravioleta. Certos mamíferos, como o cão, são dicromáticos, enquanto que alguns insetos, como as abelhas, são tricromáticos, mas com sensibilidade ao ultravioleta, em vez do vermelho. Até onde se sabe, a tamarutaca, uma espécie de lagosta, é a campeã de policromia: é sensível a 12 cores primárias.

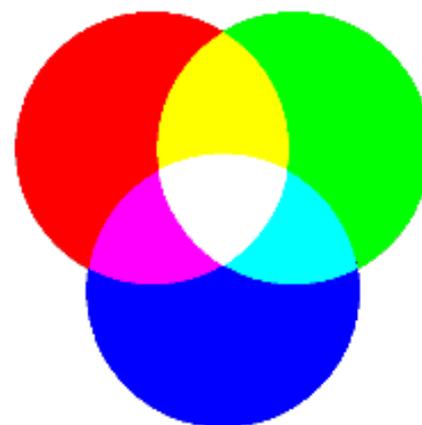


Figura 60. Cores primárias e suas combinações.

Basicamente, para se obter uma imagem colorida é preciso decompor a imagem original nas três cores primárias. No exemplo da Figura 61, a imagem colorida é decomposta nas três cores primárias por meio de filtros azul, vermelho e verde. Cada uma dessas cores, ou canais, é representada de forma monocromática, de modo que, quanto mais intensa a cor, mais clara ela aparecerá. No exemplo, a flor vermelha aparece quase branca no canal vermelho, pois emite mais luz nesta frequência, e quase preta nos canais azul e verde. As flores amarelas aparecem pretas no canal azul e brancas nos canais verde e vermelho, pois o amarelo é uma combinação destas duas cores (Figura 60). O gramado, porém, aparece em variados tons de cinza nos três canais. Isto porque o gramado não é verde puro, mas uma composição das três cores, com mais intensidade no verde. Já o céu, branco (logo acima das rodas das bicicletas), aparece igualmente branco nos três canais.



Figura 61. Decomposição de uma imagem colorida em suas três cores primárias.

Para exibir a imagem colorida é preciso recompor a imagem original. Para isso, deve-se enviar cada canal para algum dispositivo capaz de emitir luz apenas na sua respectiva cor e fundi-los em uma imagem única, que resultará nas cores captadas originalmente (Figura 62).



Figura 62. Recomposição da imagem por meio da adição das três cores primárias.

Em 1899, o cientista russo A. A. Polumordvinov (1874–1942) imaginou um sistema com discos de Nipkow e cilindros concêntricos com aberturas cobertas com filtros vermelho, verde e azul. Em 1928, apenas três anos depois da demonstração de sua televisão mecânica, John Baird, o persistente, fez uma demonstração em Londres usando um disco de Nipkow com três espirais de 30 aberturas, uma espiral para cada cor primária. No ano seguinte, a *Bell Laboratories* transmitiu um sinal de TV em cores entre Nova York e Washington usando também um sistema mecânico. Ambos captavam e transmitiam as três cores simultaneamente (como é feito hoje), ao contrário da tendência da época, de captar todo o quadro, uma cor de cada vez, no chamado sistema *sequencial*.

O sistema sequencial mais bem sucedido foi apresentado logo após a II Guerra Mundial pela *Columbia Broadcasting System* (CBS), projetado pelo engenheiro húngaro-americano Peter Goldmark (1906–77). O sistema da CBS combinava tubo de raios catódicos com discos giratórios e filtros para as três cores. Como cada cor precisava ser enviada separadamente, o sistema sequencial precisava realizar a varredura da imagem com uma velocidade três vezes maior. Para que o sinal coubesse na banda de transmissão, foi necessário reduzir a taxa de quadros de 30 para 24 fps, e a resolução, de 525 para 405 linhas, em desacordo com o padrão NTSC vigente e, portanto, incompatível com os 12 milhões de aparelhos preto e branco existentes nos EUA à época. As emissoras precisariam transmitir em cores e preto e branco ao mesmo tempo, duplicando seus equipamentos de transmissão, e os consumidores precisariam trocar seus aparelhos por coloridos, três vezes mais caros. Enquanto a CBS tentava convencer a Comissão Federal de Comunicações (FCC) americana a adotar o seu sistema em cores como padrão, David Sarnoff, da RCA, alertava sobre o problema da incompatibilidade com os televisores em preto e branco, ao mesmo tempo em que concentrava esforços para desenvolver seu próprio sistema. A CBS recebeu a aprovação da FCC e iniciou as transmissões em cores de seu sistema sequencial em 1950, abandonando-o apenas alguns meses depois.

Isto porque, em 1951, a RCA de Sarnoff apresentou seu sistema em cores totalmente eletrônico, que captava as três cores simultaneamente, e não mais em sequência. O projeto usava espelhos dicróicos para separar os componentes azul, vermelho e verde da imagem original e enviava cada um para a respectiva câmera monocromática. O tubo receptor era composto de três canhões de elétrons separados, um para cada cor. A tela era uma grade feita de centenas de milhares de minúsculos triângulos de fósforo, um para cada cor primária. No sistema da RCA, os sinais eletrônicos das três cores eram convertidos para dois: o primeiro para o brilho, ou luminância (chamado “Y”) e o segundo, contendo a informação de cores, a crominância. O sinal Y corresponde ao sinal monocromático comum, de forma que os televisores preto e branco poderiam captar a imagem normalmente e ignorar o sinal de cores, mantendo a compatibilidade com o novo sistema.



David Sarnoff Library, Princeton, New Jersey/ Britannica  
Online: Television

Figura 63. Linha de produção do CT-100, da RCA, o primeiro televisor em cores.

Em 1952, o *National Television Systems Committee* (NTSC) reformou o seu padrão para adaptar-se ao novo sistema de cores (usado até hoje), sendo praticamente idêntico ao da RCA. Em 1954, a RCA passou a produzir o modelo CT-100, com tela de 12 polegadas, o primeiro aparelho de televisão em cores. Em 1960, o Japão adota o padrão NTSC.

### 6.4.1.1 PADRÕES DE CORES

Apesar (e por causa) do seu pioneirismo, o sistema NTSC tinha suas deficiências, especialmente em relação à fidelidade de cores. Ao refletir em prédios e morros, o sinal NTSC pode sofrer distorções. Um tom vermelho, por exemplo, poderá parecer alaranjado ou magenta. Por isso, os televisores em NTSC precisam de um botão de ajuste de matiz. Por causa disso (e também para manter uma reserva de mercado contra equipamentos americanos), outros sistemas foram desenvolvidos na Europa: **SECAM** (*Séquentiel couleur à mémoire*) na França e **PAL** (*Phase Alternating Line*) na Alemanha. Este último era o mais utilizado no mundo analógico de TV aberta (no caso de CFTV, o sistema NTSC é o mais utilizado). Ambos iniciaram as operações em 1967.

O sistema PAL, por exemplo, usa um artifício para corrigir as distorções de cores. O sinal transmitido não é igual ao da cor a ser exibida na tela. Ao captar uma imagem vermelha, por exemplo, o sinal da primeira linha será vermelho, mas o da linha seguinte terá a fase invertida (isto é, a onda será defasada em 180°). Caso ocorra um erro ou distorção de cor na primeira linha, o mesmo erro ocorrerá na seguinte. Porém, como a informação que a segunda linha carrega é inversa à da primeira, um erro cancelará o outro, recuperando a informação original.

Na era da televisão analógica, cada sistema (e suas variações) foi adotado no mundo conforme a esfera de influência do país que o desenvolveu. NTSC nos Estados Unidos, Japão e na maior parte das Américas; SECAM na França (e ex-colônias) e União Soviética (e países satélites); PAL na maior parte da Europa, África, Ásia e Oceania, além de Brasil, Argentina e Uruguai.

Os três padrões analógicos utilizam o sistema de varredura entrelaçada. Cada conjunto de linhas pares e ímpares é chamado de **campo**. Logo, para formar um quadro inteiro são necessários dois campos: um ímpar e um par. Portanto, um sistema que utiliza 30 quadros por segundo gera 60 *campos* por segundo. Na origem da televisão, o número de quadros dependia da frequência da rede elétrica. Por isso, os países com frequência de 60 hertz adotaram sistemas com taxa de quadros de 30 fps (NTSC), enquanto que os demais, de 50 Hz, adotaram taxa de 25 fps (PAL e SECAM). O Brasil, cuja alimentação elétrica é de 60 Hz, adotou o sistema híbrido **PAL-M** (único no mundo), que utiliza o sistema de codificação de cores PAL, mas com a frequência de varredura e número de linhas NTSC.

O número de linhas horizontais também é resultado de limitações das origens da TV. As bases de tempo de varredura horizontal e vertical precisavam manter uma relação precisa, obtida por uma série de circuitos divisores, baseada em números primos pequenos. Por isso, há uma relação matemática entre o número de linhas e o produto de números primos. Por exemplo:

- **Marconi-EMI** (primeiro padrão inglês):  $3 \times 3 \times 3 \times 3 \times 5 = 405$  linhas
- **NTSC** (e PAL-M):  $3 \times 5 \times 5 \times 7 = 525$  linhas
- **PAL** e **SECAM**:  $5 \times 5 \times 5 \times 5 = 625$  linhas

Nem todas as linhas de varredura são convertidas em linhas de imagem (visíveis). No sistema NTSC, por exemplo, apenas 480 linhas são convertidas em imagem, enquanto que, nos sistemas PAL e SECAM, são 576 linhas. O número de linhas de imagem é menor do que o de varredura porque os aparelhos antigos precisavam de um tempo extra para que o traço de varredura vertical do final de um campo pudesse retornar ao início do próximo. Em aparelhos mais modernos, estas linhas extras são usadas para transportar informações adicionais, como dados da programação ou legendas de *closed caption*.

Portanto:

- **NTSC** (e PAL-M): 480 linhas × 30 fps = 14.400 linhas/segundo
- **PAL** e **SECAM**: 576 linhas × 25 fps = 14.400 linhas/segundo

Note-se que, dentro de um intervalo de tempo fixo (por exemplo, um segundo), a quantidade de informações de imagem transmitida é a mesma para todos os padrões.

Com o surgimento do vídeo digital no final do século XX e da televisão digital aberta de alta definição no início do XXI, os antigos padrões analógicos entraram em lento processo de obsolescência. Porém, os termos NTSC e PAL ainda são utilizados em especificações de vídeo digital para designar, principalmente, a taxa de quadros por segundo (30 ou 25), embora esta utilização seja tecnicamente imprecisa.

## 6.4.2 LENTES

A lente mais antiga de que se tem notícia foi desenterrada das ruínas do palácio assírio de Nimrud, no atual Iraque. Tem 38 milímetros de diâmetro e foi feita de cristal de rocha, há cerca de 2.700 anos. Pode ter sido usada como lupa, mas é mais provável que sua finalidade fosse concentrar os raios do Sol para produzir fogo. A inspiração para sua construção pode ter surgido da observação de como uma imagem pode ser alterada por uma gota de água ou resina.

Como forma de ampliar ou corrigir a visão, há indícios de que lentes tenham sido usadas no Império Romano. O filósofo e escritor romano Sêneca (4 a.C.–65 d.C.) sugere utilizar um globo de vidro cheio de água para ler cartas de forma mais clara e ampliada. O imperador Nero (37–68), que era provavelmente míope<sup>28</sup>, usava uma esmeralda como lente corretiva para assistir a lutas de gladiadores.

Por muito tempo, a principal aplicação de lentes foi a correção de problemas da visão, como miopia e presbiopia, e teve grande impulso após a invenção dos óculos no século XI, cujos maiores beneficiários foram os monges e escribas, frequentadores das mal iluminadas bibliotecas medievais.

Leonardo da Vinci, no fim do século XV, propôs: “Se você pegar um hemisfério de vidro e colocar seu rosto dentro dele, fechando depois em torno da borda do rosto, e enchê-lo com água clara, você verá todas as coisas que são vistas da superfície deste globo, de modo que você verá quase tudo às suas costas<sup>29</sup>”. O que Leonardo propõe é o que conhecemos hoje como lente grande ocular do tipo *olho-de-peixe*. Seus estudos foram influenciados pelo *Tratado de Óptica* (1021), de Alhazen, e pela *Perspectiva Communis* (c. 1270), de John Pecham (1230–92), obras bem conhecidas na Idade Média.

Apesar dos estudos teóricos, foram experimentos práticos que levaram à invenção do microscópio, em 1595, e do telescópio de refração (ou *luneta*), em 1608, ambos na Holanda. Este último foi levado por seu provável inventor, Hans Lippershey (1570–1619), para Veneza a fim de buscar apoio financeiro para sua produção. A cidade-estado era um grande centro de desenvolvimento científico da época, além de conhecida pela excelência na fabricação de vidros, essenciais para a produção de uma boa lente. Seu modelo, apelidado de “trompa holandesa”, consistia numa lente objetiva plano-convexa e numa ocular bicôncava. Para infelicidade de Lippershey, outro morador ilustre da cidade, Galileu Galilei (1564–1642), teve acesso ao seu projeto e fez importantes aperfeiçoamentos na fabricação e na disposição das lentes, chegando a produzir telescópios com ampliação de até 30 vezes. Usando um desses telescópios, Galileu descobriu, em 1610, quatro satélites orbitando Júpiter, invisíveis a olho nu, concluindo que nem todos os

<sup>28</sup> GLASSES. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Glasses>>. Acesso em: jan. 2013.

<sup>29</sup> WHITE, Michael. *Leonardo: O Primeiro Cientista*. Tradução: Sergio Moraes Rego. Rio de Janeiro: Record, 2002. p. 180

corpos celestes giravam em torno da Terra, contrariando a teoria aristotélica vigente à época e defendida pela Igreja. As consequências desta descoberta para compreensão do Universo — e para o próprio Galileu — são bem conhecidas...

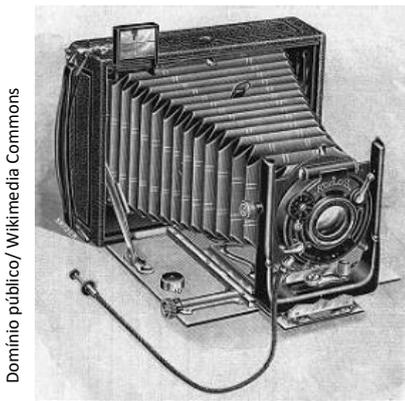
Ao contrário de Galileu, que apontava seu telescópio para o céu, seus contemporâneos achavam que o instrumento seria mais útil se fosse voltado para a terra e o mar. Por isso, nas décadas seguintes, a principal aplicação das lunetas e binóculos foi na navegação e no uso militar. Neste período, a principal evolução das lentes foi na pesquisa de materiais mais transparentes, na qualidade do polimento e precisão da curvatura.

A invenção da fotografia (v. capítulo 5.1), no século XIX, deu novo impulso ao desenvolvimento das lentes, criando modelos específicos para cada tipo de aplicação (objetiva normal, teleobjetiva, grande-angular etc.) e para minimizar distorções, pois as primeiras câmeras usavam lentes convexas únicas, que não conseguiam manter o foco sobre toda a superfície do filme e apresentavam várias aberrações ópticas.



Istituto e Museo di Storia della Scienza,  
Firenze, Itália

*Figura 64. Telescópio de Galileu (1609–10). Feito de tiras de madeira revestidas de couro. Comprimento: 980 mm; diâmetro da lente objetiva: 37 mm; ocular: 22 mm. Ampliação de 21 vezes e ângulo de abertura de 15 minutos de grau.*



Domínio público/ Wikimedia Commons

*Figura 65. Câmera de fole (1907).*

Em geral, o fotógrafo ou cinegrafista profissional precisava manter um conjunto de lentes e realizar a troca manualmente, conforme a necessidade, pois todas eram lentes de distância focal fixa. Após cada troca, era necessário fazer o ajuste manual do foco. Nas antigas câmeras de fole (Figura 65), de lente única, o ajuste era feito movimentando-se o fole para se alterar a distância entre a lente e o filme e, portanto, a distância focal.

No exemplo da câmera de fole, era utilizada uma **lente simples**, cujo foco incidia sobre a chapa fotográfica. Ao se trocar a lente, o foco precisava ser reposicionado, o que era feito movendo-se a lente (presa ao fole) para frente e para trás, um processo que levava alguns segundos, mesmo para fotógrafos experientes. Além disso, se fosse preciso usar, por exemplo, uma lente de 300 milímetros de distância focal, o fole precisaria ser esticado além de 300 mm, e o diâmetro da lente também deveria aumentar proporcionalmente, caso contrário a imagem seria projetada num pequeno círculo sobre o filme, o que tornava o processo inviável para grandes distâncias focais. Com o surgimento das **lentes compostas**, o problema foi parcialmente resolvido. Já utilizada anteriormente em microscópios e telescópios, a lente composta é, na verdade, um conjunto de lentes (embora seja chamada popularmente de “lente”, no singular mesmo) de diferentes curvaturas e feitas de materiais de diferentes índices de refração. Por meio de um sistema composto de várias lentes alinhadas num cilindro, a lente composta funciona como uma lente simples, sendo possível alcançar distâncias focais longas com lentes relativamente pequenas. Uma lente composta pode possuir partes móveis, que possibilitam alterar a distância entre as lentes internas. Desta forma, é possível variar o grau de ampliação do objeto,

aproximando-o ou afastando-o. Este tipo de lente é chamado de **varifocal**. Numa lente varifocal, a distância focal varia junto com o grau de aproximação; portanto, ao se alterar o grau de aproximação, é necessário ajustar manualmente o foco para a nova posição.

Normalmente, a troca de lentes ou o ajuste manual de uma lente varifocal era um incômodo, mas não um problema. A situação mudou com a chegada da televisão. Como as transmissões eram ao vivo, as trocas de lentes não poderiam ser visíveis para o espectador. Geralmente, o diretor de TV precisava cortar a imagem para outra câmera, enquanto a primeira fazia a troca.



Figura 66. Vista em corte de uma lente composta moderna.



Figura 67. Câmera RCA TK-11 (1952).

As primeiras câmeras de TV contavam com um conjunto de lentes fixas de variados tamanhos dispostas num suporte giratório (Figura 67). Desta forma, o operador poderia fazer a troca rapidamente. Mesmo assim, a troca era perceptível ao espectador e havia apenas 3 ou 4 opções de lentes à disposição do operador. A solução veio no final dos anos 1950, com as lentes **zoom**.

A primeira patente de lente zoom para câmeras fotográficas foi obtida em 1902. Em 1932, a *Bell & Howell* passou a produzir industrialmente uma lente zoom de 40–120 mm (isto é, distância focal variável de 40 mm a 120 mm e, portanto, fator de zoom de três vezes) para cinema. Somente em 1953 surgiram as primeiras lentes zoom eficientes para TV, criadas pelo britânico Rank Taylor Hobson. Em 1958, o engenheiro francês Pierre Angenieux (1907–98) lançou a primeira lente zoom que mantinha o foco com precisão durante o movimento de zoom.

No início, as lentes zoom não foram muito populares entre os fotógrafos, pois apresentavam várias deficiências, como distorções e aberrações ópticas. A baixa qualidade era suficiente para a televisão de baixa definição da época, mas não para fotografia e cinema. Novas lentes foram introduzidas no conjunto para corrigir as distorções. Porém, lentes nunca são 100% transparentes e a sua curvatura nunca é perfeita. Quanto maior o número de lentes do conjunto, maior a possibilidade de distorções, pois as imperfeições de cada lente se somam, e um conjunto de zoom de alta qualidade pode ser composto de até trinta lentes. Somente no último quarto do século XX as lentes zoom atingiram qualidade suficiente para fotografia e vídeo de alta resolução. Naturalmente, a complexidade do mecanismo e a qualidade das lentes significam alto custo. Uma boa lente zoom chega a ser algumas vezes mais cara do que a própria câmera. Mas, na essência, uma lente moderna continua fazendo a mesma coisa que já fazia nos tempos de Galileu (v. mais informações sobre lentes no capítulo 11.1).

### 6.4.3 GRAVAÇÃO

Até os anos 1950, as transmissões de televisão eram sempre ao vivo, pois não havia um meio de gravar as imagens com qualidade. Como já mencionado aqui, o sistema de *fonovisão*, de John Baird, permitia a gravação de imagens de televisão mecânica em discos de áudio, já no final dos anos 1920. Porém, o sinal eletrônico das primeiras televisões analógicas, apesar da baixa resolução quando comparada com as atuais, carregava uma quantidade de informações muito grande para ser gravado num disco de 78 rotações. A única opção era gravar em película e, depois, transmitir o filme com uma câmera de TV, num processo chamado *telecine* (usado até hoje para converter filmes de cinema, de 24 fps, para televisão, de 25 fps ou 30 fps).

A tecnologia de gravação de áudio em fita magnética passou por uma grande evolução durante a II Guerra Mundial, o que levou a pesquisas para a gravação de vídeo no mesmo meio. O problema era que o sinal de vídeo ocupava uma largura de banda muito maior do que a de áudio: 6 MHz contra 20 kHz.

Em 1947, o ator e cantor americano Bing Crosby (1903–77) investiu nas pesquisas da empresa *Ampex* para o desenvolvimento de um gravador de áudio em fita de rolo, que resultaram, em 1950, num sistema de gravação experimental de vídeo de 12 trilhas e cabeçote fixo. Este trabalho inspirou a BBC a criar, em 1952, o sistema *VERA* (*Vision Electronic Recording Apparatus*), que usava uma fina fita de aço movendo-se a 5 metros por segundo. Os rolos ficavam dentro de um gabinete de segurança, para o caso de rompimento da fita de aço em alta velocidade. Um rolo de 21 polegadas tinha a capacidade de gravar apenas 15 minutos de vídeo monocromático de 405 linhas.



BBC News: The rise and rise of the video

Figura 68. VERA: o primeiro gravador de vídeo em fita magnética (1952).



Figura 69. Gravador Ampex VRX-1000. Os rolos de fita ficavam na posição horizontal, sobre o gabinete.

Em 1956, a Ampex apresentou um sistema mais eficiente, chamado *Quadruplex*, que utilizava quatro cabeças giratórias de alta velocidade (14.000 rpm) sobre uma fita de duas polegadas. A velocidade da fita era de menos de 0,4 m/s, a mesma das fitas de áudio da época. O preço inicial era de 650 mil dólares atuais, um rolo de fita custava 300 dólares e só podia ser usado cerca de 30 vezes antes de começar a se desgastar. Mesmo assim, o modelo VRX-1000 fez grande sucesso e foi usado por grande parte das emissoras americanas, pois reduzia os custos de produção, já que não eram mais necessários tantos ensaios repetitivos e vários programas podiam ser produzidos e gravados ao mesmo tempo, com bastante antecedência, além de poderem ser reprisados várias vezes pela emissora a custo zero.

Nos anos 1960, a Sony e a Philips desenvolveram o sistema de varredura helicoidal, em que a cabeça giratória é posicionada em ângulo inclinado em relação à fita, permitindo aumentar a capacidade de gravação, o que levou ao desenvolvimento da fita em cassete, substituindo o antigo sistema de rolo. Em 1971, a Sony lançou o gravador em cassete *U-matic*, que usava uma fita de  $\frac{3}{4}$  de polegada. O cassete tinha o tamanho de um livro grosso (um pouco maior do que uma fita VHS) e a capacidade de gravação de uma

hora, em cores e com a mesma qualidade da transmissão ao vivo. Foi o padrão de vídeo analógico profissional por mais de vinte anos, sendo suplantado pelo sistema *Betacam*, também da Sony, em uso até hoje, mas está sendo lentamente substituído por sistemas digitais.

Visando o mercado doméstico, a Sony lançou, em meados dos anos 1970, o sistema *Betamax*, seguido pelo formato *VHS* (*Video Home System*), da também japonesa JVC, e o *V2000*, da Philips. Este último logo caiu em desuso e os anos 1980 viram uma disputa entre *Betamax* e *VHS* para a definição de um padrão para o promissor mercado de vídeo doméstico, encerrada com a vitória do segundo.



Steve81989/  
Wikimedia Commons

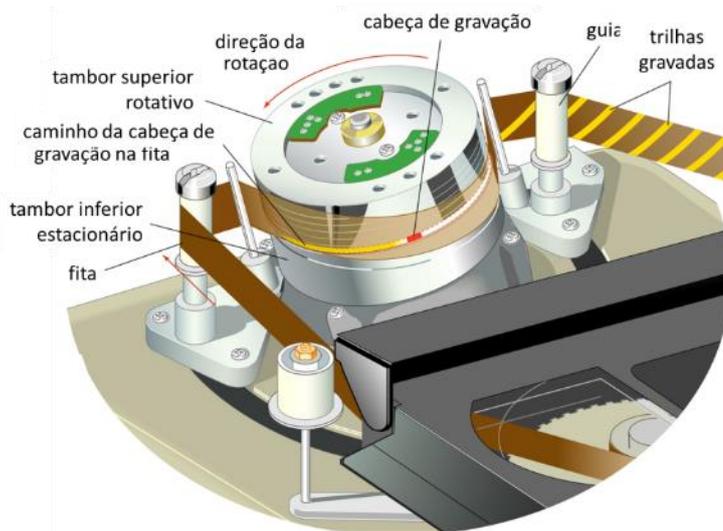
O sistema *Betamax* foi lançado um ano antes do *VHS*, usava uma fita melhor e tinha uma imagem de maior qualidade, pois tinha resolução ligeiramente superior (250 linhas NTSC), menos ruído e menos interferência (*crosstalk*) do que o sistema *VHS*. Por ser um herdeiro do *U-matic*, a primeira versão da fita *Betamax* tinha duração de apenas 60 minutos, contra 120 minutos do *VHS*, ideais para a exibição de filmes de Hollywood (posteriormente, foram lançadas fitas de *VHS* de até 300 minutos). A versão *Betamax II* alcançava duração de 120 minutos, mas, para isso, precisou reduzir a resolução para 240 linhas, a mesma do *VHS*, tornando os dois sistemas virtualmente iguais em qualidade de imagem. Por ter sido a pioneira, a Sony tentou impor seu sistema como padrão, restringindo as licenças de fabricação de gravadores. A



Grönky/Wikimedia Commons

Figura 70. Comparação entre fitas *Betamax* (alto) e *VHS*.

JVC, ao contrário, licenciou seu sistema para os principais fabricantes (Panasonic, RCA, Magnavox, Quasar, Zenith, Mitsubishi etc.), o que acirrou a concorrência e baixou os preços, tornando os videocassetes *VHS* mais competitivos. Surgiram, então, as locadoras de vídeo, quase todas adeptas do sistema *VHS*, levando os consumidores a comprarem aparelhos neste sistema e criando um ciclo que acabou sufocando o sistema *Betamax*. Por fim, a própria Sony rendeu-se e passou a fabricar, em 1988, aparelhos no formato *VHS*, mas manteve a produção de fitas *Betamax* até 2002.



Encyclopædia Britannica, Inc.: Television (TV), tradução do autor

Figura 71. Sistema de gravação em videocassete.

O sistema *VHS* dominou o mercado de vídeo doméstico (e, inclusive, *CFTV*) por mais de vinte anos até começar a ser suplantado por formatos digitais, como *DVD*, no final do século XX, e *Blu-ray*, uma década depois. O último filme de Hollywood a ser distribuído em *VHS* foi lançado em 2005. O último lote de fitas dos Estados Unidos foi produzido em 2008. No mesmo ano, a JVC encerrou a produção de videocassetes exclusivos em *VHS*, mas ainda continuou a produzir aparelhos que combinam *VHS* com *DVD*. Isto porque, desde o início, o sistema *VHS* era capaz de reproduzir e gravar, enquanto que a maioria dos aparelhos de *DVD* e *Blu-ray* de mesa apenas reproduzem vídeo. Além disso, a supremacia do *VHS* durou tanto tempo, que muitas pessoas ainda mantêm grandes acervos de fitas e não querem se desfazer delas.

Entre o videocassete e o DVD, a Philips, em associação com a MCA, lançou o *LaserDisc*, em 1978, apenas dois anos depois do VHS e quase quatro anos *antes* do CD. Foi o primeiro meio de gravação óptica, ainda analógico, como alternativa aos meios magnéticos existentes. O LaserDisc tinha resolução de 420 linhas, contra 240 do VHS, áudio multicanal e vida estimada de 50 anos e, por não ser fita, não precisava ser rebobinado. Além disso, o aparelho tinha menos partes móveis e, portanto, era mais barato. Apesar da superioridade em relação ao VHS, o LaserDisc não caiu no gosto do público. O disco custava cinco vezes mais do que uma fita VHS, era grande (do tamanho de um LP de vinil), pesado e precisava ser virado no meio do filme. Além disso, na era pré-Netflix, uma das principais utilidades do videocassete era gravar programas da televisão, o que não era possível com o LaserDisc.



Figura 72. Comparação entre um LaserDisc (esq.) e um DVD.

Kevin586/Wikimedia Commons

A tecnologia e o conceito por trás do LaserDisc serviram de base para o lançamento de outros meios de gravação óptica, como CD, DVD e Blu-ray. Falaremos destes meios digitais mais adiante.

No início deste texto, dissemos que qualquer sistema de vídeo moderno, para ser considerado completo, deve ser composto de pelo menos quatro elementos: captação, transmissão, visualização e armazenamento. A gravação em vídeo veio fechar este conjunto.

### 6.4.3.1 ARMAZENAMENTO DIGITAL

O ano de 2002 marcou o início da Era Digital, pois estima-se que este foi o ano em que a humanidade passou a armazenar mais informação em meio digital do que analógico. Em 1986 apenas 1% da capacidade mundial de armazenamento estava em formato digital, passando para 3% em 1993 e 25% em 2000. Em 2007, 97% de toda a informação da humanidade já estavam armazenados digitalmente<sup>30</sup>. Hoje, a quantidade de dados analógicos armazenados é apenas residual (incluindo aí todos os livros e jornais em papel existentes no mundo).

Diferentemente das formas analógicas, o armazenamento digital não faz distinção de conteúdo, isto é, não importa o que está sendo armazenado (dados, texto, música, vídeo, voz, software, video games etc.), tudo é transformado em sequências de zeros e uns. As formas de armazenamento podem ser classificadas por diversos critérios. Alguns exemplos:

- **Por tecnologia:**
  - **Analógico:** disco de vinil, fita cassete, fita de vídeo, LaserDisc etc.;
  - **Digital:** disquete (ou disco flexível ou *floppy disk*), disco rígido (ou *hard drive* — HD), CD, DVD, Blu-ray, pen drive (ou memória *flash*) etc.
- **Por método de armazenamento:**
  - **Portátil** (que pode ser facilmente substituído e transportado): disquete, fita magnética, CD, DVD, Blu-ray, pen drive, cartão SD, HD externo etc.;
  - **Semi-portátil** (que necessita de alguma ferramenta para remoção ou desmontagem): disco rígido, memória EPROM;
  - **Volátil** (que necessita de alimentação elétrica constante para reter os dados): memória RAM.

<sup>30</sup> HILBERT, Martin. *How Much Information is There in the "Information Society"?* Significance Magazine, Volume 9 Issue 4. Aug. 2009. Royal Statistical Society e American Statistical Association.

- **Por método de gravação:**

- **Fotoquímico:** película fotográfica;
- **Biológico:** DNA artificial (em desenvolvimento);
- **Mecânico:** papel impresso, papel térmico, disco de vinil, cartão perfurado (alguém se lembra?);
- **Magnético:** fita cassete, fita VHS, cartão com tarja magnética, disquete, disco rígido, etc.;
- **Óptico:** LaserDisc, CD, DVD, Blu-ray, papel fotográfico, holograma (em desenvolvimento) etc.;
- **Elétrico:** memória em estado sólido (RAM, EPROM etc.), pen drive (*flash memory*), cartão SD (usado em câmeras fotográficas e celulares), cartão SIM (armazenamento de dados do assinante em celulares), chip de cartão de crédito etc.

Para armazenamento de vídeo digital, apenas os três últimos nos interessam (apesar de os meios magnéticos e ópticos também serem usados para conteúdo analógico).

Desde que a IBM lançou comercialmente o primeiro **disco rígido**, em 1956, a capacidade de armazenamento em dispositivos digitais aumentou exponencialmente. O IBM 350 tinha capacidade de armazenamento de 3,75 megabytes (ou 5 MB de 6 bits, em vez dos bytes de 8 bits adotados hoje). Atualmente, computadores pessoais comuns têm capacidade um milhão de vezes maior. Sua densidade de armazenamento era de apenas 2000 bits por polegada quadrada. Em 2012, a TDK lançou um HD de 10 TB que alcançava a 1,5 Tb/pol<sup>2</sup>, 750 milhões de vezes mais denso que o disco pioneiro da IBM. Até 2017, a Western Digital detinha o recorde de capacidade de 14 TB em um único HD de mercado<sup>31</sup>.

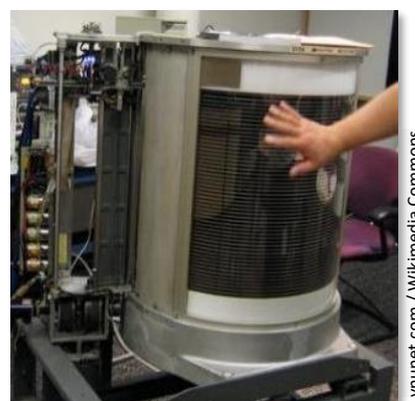


Figura 73. IBM 350, o primeiro HD.

Como seria de se esperar, o custo de armazenamento seguiu o sentido inverso, caindo pela metade a cada 18 meses, em média, seguindo a mesma linha prevista pela Lei de Moore, de 1965, segundo a qual o número de transistores num chip eletrônico iria dobrar a cada 12 meses (corrigida para 24 meses em 1975), mantendo o mesmo preço. Mais tarde, David House, colega de Gordon Moore na Intel, prevê o prazo de 18 meses para a duplicação do desempenho dos chips de computador, como resultado da combinação de aumento do número de transistores com o aumento de sua velocidade de processamento. Este ritmo manteve-se mais ou menos dentro do previsto nas últimas décadas, embora haja sinais de desaceleração nos últimos anos.

Voltando aos discos rígidos: como comparação, o IBM 350, de 1956, custava 50 mil dólares em valores da época, ou cerca de US\$ 13 mil por megabyte. Já um Western Digital de 2 TB custava cerca de 100 dólares em 2013, ou 0,005 centavo de dólar por megabyte. O gráfico a seguir mostra a relação inversa entre a capacidade de armazenamento de HDs vendidos no varejo e o seu preço (por megabyte) ao longo do tempo:

<sup>31</sup> CNET. *Western Digital 14TB hard drive sets storage record*. Disponível em: <<https://www.cnet.com/news/western-digital-14tb-hard-drive-sets-storage-record/>>. Acesso em: Mar. 2018.

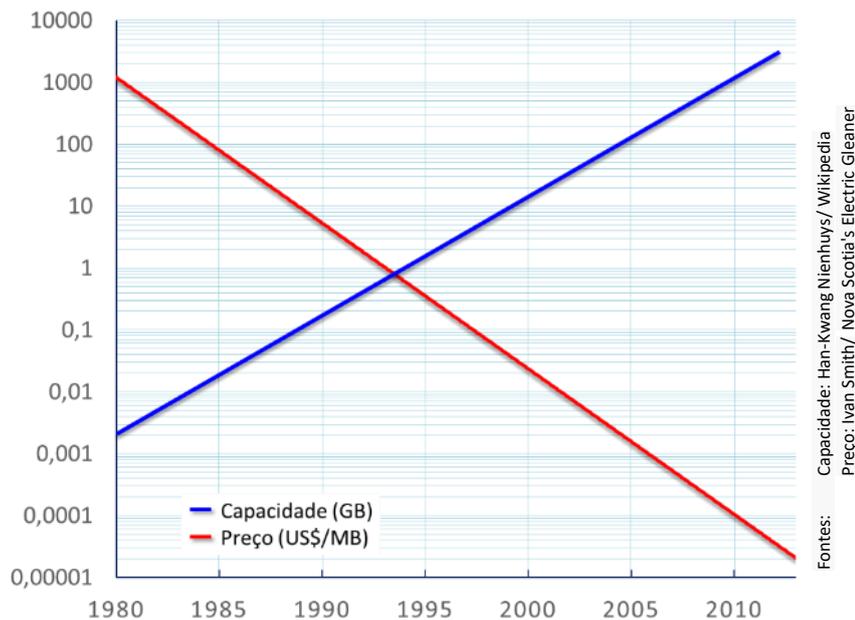


Figura 74. Comparação entre o aumento da capacidade de armazenamento de HDs e respectiva queda de preço ao longo do tempo (escala vertical logarítmica).

A evolução destes dois fatores, capacidade de armazenamento e preço, aliada a um terceiro, largura de banda de transmissão (e conseqüente aumento da velocidade de comunicação) foi fundamental para a popularização do vídeo digital, consumidor voraz de capacidade de processamento, armazenamento e banda de transmissão. Um disquete de 5¼ polegadas, muito popular nos anos 1980, não teria capacidade de armazenar sequer um único quadro de vídeo em resolução full HD. Seriam necessários 67 mil disquetes de 5¼" para encher um disco de Blu-ray. Para encher um pen drive de 64 GB, lançado em 2011, seriam necessários 44 mil disquetes de 3½", onipresentes até meados dos anos 1990. Se fossem empilhados, teriam a altura de um prédio de 50 andares.



Figura 75. Um pouco de nostalgia: disquetes de 8 polegadas (IBM, 1971), 5¼" (Shugart Associates, 1976) e 3½" (Sony, 1983).

O **pen drive** (ou memória flash USB) e o **cartão SD** (Secure Digital) são as formas de armazenamento portátil mais populares atualmente. Ambos são memórias não voláteis (não perdem dados gravados após a interrupção da alimentação elétrica), de estado sólido (não possuem partes móveis, como os discos rígidos) e surgiram na mesma época, mas com finalidades diferentes. Enquanto o pen drive foi criado como dispositivo portátil e complementar ao HD de computadores, o cartão SD foi pensado como um dispositivo de memória interna para equipamentos portáteis, como telefones celulares, tablets, smartphones, câmeras fotográficas e de vídeo (inclusive câmeras profissionais de CFTV). Ambas se baseiam em tecnologia de **memória flash**, concebida pelo engenheiro japonês Fujio Masuoka (1943), da Toshiba, em 1980. Recebeu este nome devido ao seu processo de apagamento, semelhante a um flash fotográfico, mas somente em 1988 a Intel lançou a primeira versão comercial. Ainda eram muito lentos se comparados às memórias RAM (voláteis), mas adequados para memórias de acesso pouco frequentes, como a BIOS de computadores.

Registrada em abril de 1999 pela empresa israelense M-Systems (adquirida pela SanDisk em 2006), a patente do primeiro pen drive tinha um cabo ligando a unidade de memória flash à porta USB. Em setembro do mesmo ano, a IBM patenteou um produto semelhante, mas sem cabo, com o formato que conhecemos hoje. Após uma breve disputa pela patente, as duas empresas firmaram uma parceria para lançar o primeiro modelo comercial, chamado *DiskOnKey*, em 2000, com capacidade de 8 MB. Em 2013, alcançava 512 GB. O nome *pen drive* deriva do fato de que os primeiros modelos tinham forma alongada, como uma caneta (*pen*) e eram reconhecidos pelo sistema operacional como um drive externo, embora a palavra *drive* se aplique apenas a dispositivos com partes móveis, como os discos rígidos. Por isso, embora ainda amplamente utilizado no Brasil, o termo *pen drive* é considerado obsoleto nos países de língua inglesa, que preferem *USB flash memory*, *USB drive* ou *thumb drive* (thumb = polegar).



Figura 76. Pen drive, cartão SD e cartão mini-SD.

Por terem sido idealizados para funcionar dentro de aparelhos portáteis, os cartões SD (*Secure Digital*) e micro-SD são menores e mais frágeis, mas são compatíveis com um grande número de equipamentos, enquanto que os pen drives necessitam de um equipamento com porta USB, geralmente computadores. O cartão SD é resultado da parceria firmada em 1999 entre a Matsushita Electric (dona da marca Panasonic), SanDisk e Toshiba, e foi lançado comercialmente em 2000, para concorrer com o formato *Memory Stick*, da Sony, lançado dois anos antes.

O futuro provável do armazenamento digital é a substituição dos discos rígidos de computador por memória em estado sólido. O primeiro PC baseado em memória flash foi lançado em 2006, pela sul-coreana Samsung, com dois drives de 32 GB. Desde 2010, o Macbook Air, da Apple, utiliza memória flash substituindo o disco rígido. Comparada com o HD, a memória flash é mais rápida e confiável, consome menos energia e não emite ruído. Mas o custo por gigabyte ainda é bem mais alto, tem um número limitado de ciclos de gravação e apagamento e ainda não se sabe se memórias flash são confiáveis a longo prazo.

Dois tecnologias em desenvolvimento e com potencial de revolucionar as mídias de armazenamento são a **memória holográfica** e de **DNA**. Nos meios tradicionais, como magnéticos e ópticos, os dados são gravados na superfície. Na memória holográfica, os dados são gravados em todo o volume do material fotossensível e múltiplas imagens podem ser gravadas na mesma superfície utilizando luz em diferentes ângulos. Desde 2002, várias empresas têm investido no desenvolvimento de uma memória holográfica. Em 2005, a empresa americana InPhase fez uma demonstração pública de um protótipo, mas, envolvida em uma séria crise financeira, abandonou o projeto em 2010. Em 2009, a *GE Global Research*, braço de Pesquisa & Desenvolvimento da General Electric, demonstrou um material de armazenamento holográfico que poderia ser utilizado em disco.

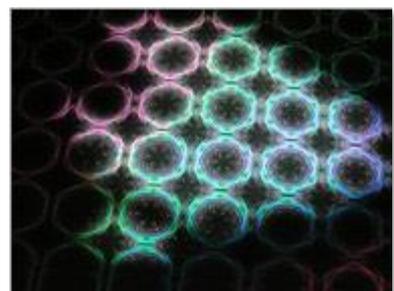


Figura 77. Memória holográfica.

Há milhões de anos, o DNA tem armazenado toda a informação genética de animais e plantas. Esta molécula possui longas sequências de quatro bases (A, T, C e G) que podem ser reorganizadas artificialmente para armazenar informações digitais. De fato, em janeiro de 2013, cientistas britânicos do *European Bioinformatics Institute* anunciaram ter gravado todos os sonetos de Shakespeare, uma foto, um artigo científico e 26 segundos do discurso *I Have a Dream*, de Martin Luther King Jr., em um minúsculo pedaço de DNA artificial. O DNA pode armazenar uma quantidade enorme de dados e pode durar milhares de anos, como atestam os estudos em um mamute de 60 mil anos, encontrado numa geleira com seu DNA perfeitamente preservado. Também resiste à obsolescência tecnológica, pois o DNA é universal. Um CD-ROM pode durar cem anos, mas onde os arqueólogos do futuro encontrarão um leitor de CD em 2100? Uma sequência de DNA, ao contrário, continuará sendo uma sequência de DNA daqui a milhares de anos.



3DScience.com/ Malcolm Ritter/ FoxNews.com

Figura 78. DNA: memória eterna?

Mas o armazenamento físico não é o único caminho. Uma tendência para grandes volumes de armazenamento é a contratação de serviço de centros de processamento de dados (ou **data centers**) remotos. O usuário dos dados contrata o espaço de terceiros e o amplia conforme a necessidade. Na mesma linha, a computação na nuvem, ou **cloud computing**, tem ganhado força entre usuários de pequenos e grandes volumes de processamento e armazenamento. Na nuvem, os dados não ficam armazenados num local específico, mas espalhados num grande número de servidores interligados e acessados via internet. A principal desvantagem do armazenamento remoto é a necessidade de uma conexão permanente e de alta velocidade entre o usuário e a nuvem ou o data center.

## 6.5 TELEVISÃO DIGITAL

O alemão Ludwig van Beethoven (1770–1827) foi um dos maiores músicos de todos os tempos. O italiano Enrico Caruso (1873–1921) foi um dos maiores tenores de todos os tempos. Quem quiser apreciar a música de Beethoven em toda a sua grandeza poderá facilmente comprar um CD ou baixar da internet (legalmente, por favor). Quem quiser ouvir Caruso não terá a mesma sorte. Embora haja no mercado CDs remasterizados de seus poucos registros fonográficos, as técnicas de gravação de som de seu tempo eram de baixa qualidade e não faziam jus à sua qualidade vocal. Como é possível que a obra de Beethoven, sendo um século mais antiga, tenha se mantido perfeita, e a do italiano não? A resposta é tão óbvia quanto parece. A arte de Caruso era sua voz e a de Beethoven sua composição. A voz só pode ser preservada em uma gravação, enquanto que a composição pode ser preservada por meio de uma *partitura*. Uma partitura descreve com precisão como cada nota musical deve ser tocada. No tempo de Beethoven, a técnica de escrita de partituras já era tão precisa e detalhista que o alemão foi capaz de escrever sua Nona Sinfonia, de 1824, já quase completamente surdo. Por ser tão detalhista, a obra pode ser tocada por uma boa orquestra quase dois séculos depois, da mesma forma como foi idealizada por seu compositor, resguardadas apenas as diferenças de estilo de cada maestro e dos músicos. Portanto, embora não seja a gravação exata da composição da época, a partitura funciona como um *manual de instruções* de como a música deve ser tocada. É a mesma ideia por trás de uma representação digital.

O que diferencia o mundo analógico do digital é mais ou menos isso: enquanto o mundo analógico tenta copiar o mundo natural (análogo = semelhante), o mundo digital tenta criar um *manual de instruções* de como este mundo natural deve ser representado (ou imitado).

Tomemos o exemplo da bandeira brasileira. O amarelo do losango é definido como “255/204/41” no padrão RGB<sup>32</sup>. Traduzindo: o padrão RGB (iniciais de vermelho, verde e azul em inglês) é uma escala de 256 níveis para cada cor (números inteiros de 0 a 255), onde zero é a ausência total da cor (preto) e 255 é a cor plena. Portanto, o amarelo da bandeira é obtido pela soma de vermelho 255 (100%) com verde 204 (80%) e azul 41 (16%).

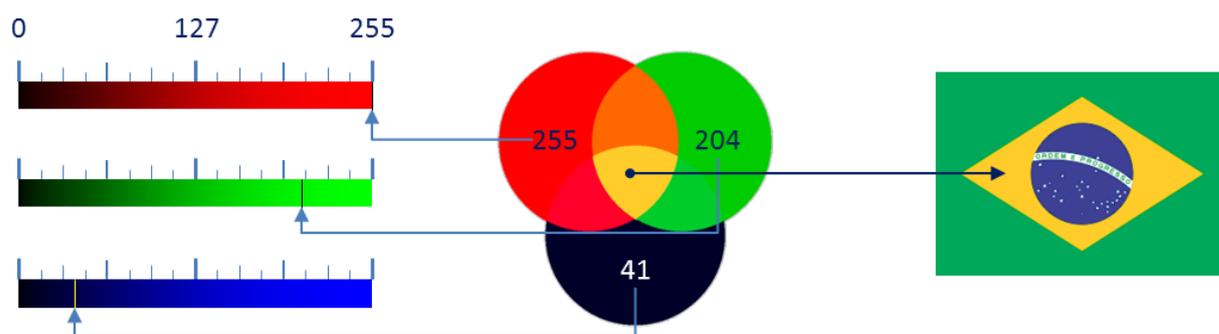


Figura 79. Composição do amarelo da bandeira brasileira = 255 de vermelho + 204 de verde + 41 de azul.

As cores primárias são definidas precisamente por sua frequência no espectro eletromagnético; por exemplo, o vermelho usado como referência no padrão RGB tem a frequência de 428 THz (tera-hertz) e comprimento de onda de 700 nm (nanômetros). Portanto, o código RGB 255/204/41 é o *manual de instruções* para se compor o amarelo da bandeira. É uma definição feita com números precisos, sem dar margem a dúvidas e subjetividades como amarelo-ouro, mostarda ou amarelo-Pikachu.

<sup>32</sup> BANDEIRA do Brasil. In: WIKIPÉDIA A Enciclopédia Livre, 2013. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Bandeira\\_brasileira](http://pt.wikipedia.org/wiki/Bandeira_brasileira)>. Acesso em: jan. 2013.

A possibilidade de traduzir o mundo natural em números é a principal característica de um sistema digital e o que o distingue do sistema analógico. Enquanto um sistema analógico é contínuo, sem lacunas, um sistema digital mede o mundo de forma descontínua, como quando contamos nos dedos (*digitus* = dedo em latim). Como os sistemas digitais se baseiam em apenas dois números inteiros, **zero** e **um**, não há possibilidade de meio-termo, como no mundo analógico; não existe 0,5 ou 0,3333; tudo é zero ou um, sim ou não, ligado ou desligado, aberto ou fechado. É a chamada “base dois” (binária), pois só há duas possibilidades. Por isso, os limites de combinações de sistemas binários são sempre uma potência de 2. No caso do padrão RGB citado acima, há 256 níveis (ou tons) porque  $256 = 2^8$  (2 elevado à oitava potência =  $2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2 \times 2$ ). Como o expoente é 8, dizemos que 256 é um número de 8 *bits*.

Por ser uma escala descontínua, o sistema digital tem uma aparente desvantagem em relação ao analógico, que não tem lacunas. Mas, no caso de imagens digitais, esta diferença só é perceptível quando o número de bits é muito pequeno. A Figura 80 mostra que, numa escala digital de 3 bits, a separação entre os tons de vermelho é bem visível. Mas, quando a escala passa para 8 bits, a diferença entre as gradações analógica e digital torna-se imperceptível à visão humana.



Figura 80. Comparação de escala de cores analógica e digital.

Se considerarmos as três cores primárias, teremos  $256^3$  combinações, ou 16.777.216 tons de cores possíveis, que é um número muito maior do que o olho humano é capaz de distinguir (entre 1 milhão e 10 milhões, dependendo do estudo e de variações naturais da visão de cada pessoa). Os 8 bits de cada cor, mais 8 bits de informações complementares (como transparência) formam um conjunto de cores de 32 bits, chamado de *true color* (cor verdadeira), por poder reproduzir todas as tonalidades de cores visíveis por uma pessoa de visão normal. Este conjunto das três cores que formam a menor unidade de uma imagem digital é chamada de *elemento de imagem*; em inglês, *picture element*, ou, simplesmente, **pixel**. A quantidade de bits que formam um pixel é chamada de **profundidade de cor** (ou resolução radiométrica). Quanto maior, melhor é a cor (mais realista). Quanto maior a quantidade de pixels, mais detalhada é a imagem (maior a **resolução de pixels**).

A Figura 81 compara algumas profundidades de cor. A imagem de 16 bits é praticamente indistinguível de uma de 24 bits em fotos impressas, mas pode ser percebida em monitores de vídeo de boa qualidade. Na imagem de 8 bits é possível perceber que as áreas de sombreados suaves perdem a sutileza, mas podem ser usados em desenhos de qualidade. A imagem de 4 bits não tem qualidade para fotos e vídeos, pois deixa a imagem com aspecto de desenho, mas pode ser usada em desenhos e gráficos, pois destaca bem as diferenças de cor e deixa o arquivo leve. Já com 1 bit, a imagem fica com aspecto de gravura; pode ser utilizada com finalidades artísticas.



Figura 81. Profundidades de cor.

A palavra pixel surgiu em meados dos anos 1960, para definir os elementos de imagens de vídeo enviadas por sondas espaciais. Mas a ideia de que uma imagem pode ser construída a partir de minúsculos pontos é muito mais antiga. Tapeçarias de quase três mil anos atrás já usavam este artifício para formar desenhos complexos.

A Figura 82 mostra que, à primeira vista, há pouca diferença entre uma imagem de 1,2 megapixels (1.200.000 pixels) e outra de resolução bem inferior, de 80.000 pixels. A diferença só fica bem perceptível quando a imagem é ampliada, como vemos no detalhe. Com 20.000 pixels, já é possível ver cada pixel individualmente e, com 5.000 pixels, mal dá para distinguir o desenho da pena.

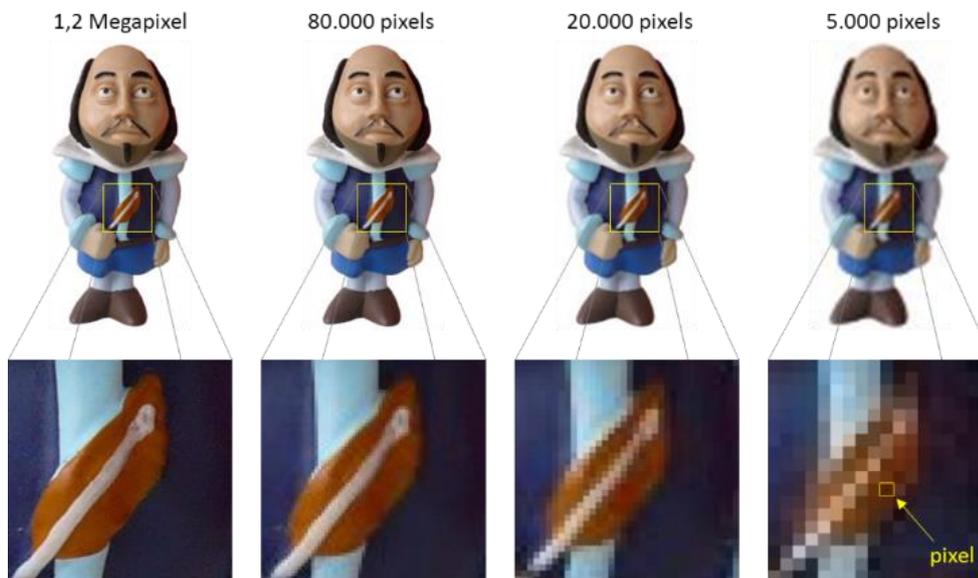


Figura 82. Exemplos de resolução.

Embora monitores de computador já exibissem imagens baseadas em pixels desde os anos 1960, somente a partir dos anos 1990 começaram a ser feitas as primeiras transmissões experimentais de TV digital. O desenvolvimento da tecnologia de TV digital foi impulsionada nos Estados Unidos por uma demonstração, em 1987, de um sistema analógico de alta definição (**HDTV**) da rede japonesa NHK. Isto incentivou a Comissão Federal de Comunicações (FCC) a abrir uma competição para criar uma HDTV americana. Em 1990, a *General Instrument Corporation* (GI) apresentou o primeiro sistema de TV totalmente digital, projetado pelo engenheiro coreano Woo Paik (1948). Exibia uma imagem de 1080 linhas em formato *widescreen* (16:9) transmitida por um canal de televisão convencional.

A partir daí, o principal obstáculo seria a grande largura de banda necessária para a transmissão digital. Mesmo um sinal de televisão em resolução padrão (SDTV), quando digitalizado, ocuparia dez vezes a faixa de frequência da TV analógica, que normalmente é transmitida num canal de 6 MHz. Para se tornar viável, a HDTV precisaria comprimir a imagem para cerca de 1% do seu tamanho original. A GI superou o problema ao transmitir apenas as alterações na imagem, a partir de um quadro completo.

Em 1993, uma “Grande Aliança” entre a GI, a *Zenith Electronics Corporation* e o Centro de Pesquisas David Sarnoff (antigo *RCA Laboratories*) e outros quatro laboratórios foi formada para desenvolver uma HDTV comercial.

No final de 1996, a FCC aprovou os padrões propostos pelo Comitê de Sistemas Avançados de Televisão (**ATSC**, em inglês) para todas as televisões digitais dos Estados Unidos. Pelo plano da FCC, todas as estações do país passariam a transmitir digitalmente até 2003, como um segundo canal, simultâneo ao analógico, dando tempo ao público para fazer a mudança gradualmente. Em 2006, as transmissões analógicas seriam encerradas, os antigos televisores se tornariam inúteis e as emissoras devolveriam as licenças de uso do espectro analógico para o governo, que os ofereceria em leilão para outros usos.

Porém, em 2000, apenas 3% dos televisores vendidos no país eram digitais e, apesar de 150 estações em 52 cidades já transmitirem em sinal digital, a maioria apenas transmitia em formato digital programas produzidos em resolução padrão. Muitos espectadores nem sequer sabiam da existência de canais digitais, e as operadoras de TV a cabo (presente em dois terços dos lares americanos) recusavam-se a investir em canais digitais.

Enquanto isso, a Europa estava bem à frente dos Estados Unidos, em parte porque não havia a exigência de incorporar HDTV na transmissão digital. Em 1993, um consórcio de emissoras, fabricantes e órgãos reguladores europeus definiram o padrão de Transmissão de Vídeo Digital (**DVB**, em inglês), que foi aplicado à transmissão por satélite, cabo e terrestre. No final da década, 30% dos lares do Reino Unido tinham acesso à programação digital, fosse por meio de televisores digitais ou por conversores em aparelhos analógicos. O Japão iniciou sua própria transmissão digital via satélite em dezembro de 2000 e a transmissão terrestre em 2003 usando um padrão DVB modificado, chamado **ISDB-T** (*Integrated Services Digital Broadcasting — Terrestrial* ou Serviços Integrados de Transmissão Digital Terrestre). Tanto a Europa quanto o Japão tinham prazos semelhantes aos dos Estados Unidos para a conversão final (entre 2006 e 2010), mas enfrentaram obstáculos semelhantes aos americanos e precisaram adiar seus planos.

A Holanda foi o primeiro país a completar a transição, encerrando suas transmissões analógicas terrestres em 11 de dezembro de 2006. O restante da Europa Ocidental completou a transição entre 2007 e 2013, embora alguns países mantenham alguns canais analógicos por cabo. O Japão encerrou as transmissões analógicas em 2012. Os Estados Unidos encerraram a maior parte das transmissões analógicas em 2009, mas, após vários adiamentos, a transição completa só deverá ocorrer em 2021, quando as pequenas emissoras locais serão obrigadas a converter sua transmissão.

O Brasil iniciou a transmissão digital em 2007 e previa concluir a transição até 2016, mas o prazo foi estendido para 2018 para as principais cidades e 2020 para as demais. Em 1º de março de 2016, Rio Verde, em Goiás, torna-se a primeira cidade da América do Sul a ter o sinal analógico desligado<sup>33</sup> e passa a transmitir somente por sinal digital. A cidade de São Paulo encerrou suas transmissões analógicas em março de 2017.

---

<sup>33</sup> TRANSIÇÃO para a televisão digital no Brasil. In: WIKIPEDIA, a enciclopédia livre, 2018. Disponível em: [https://pt.wikipedia.org/wiki/Transi%C3%A7%C3%A3o\\_para\\_a\\_televis%C3%A3o\\_digital\\_no\\_Brasil](https://pt.wikipedia.org/wiki/Transi%C3%A7%C3%A3o_para_a_televis%C3%A3o_digital_no_Brasil). Acesso em: Mar. 2018.

A exemplo do que ocorreu com o surgimento dos padrões de TV em cores (NTSC, PAL, SECAM), o mundo acabou dividido entre os padrões criados nos Estados Unidos (ATSC), Europa (DVB-T) e Japão (ISDB-T). Da mesma forma que já havia feito com o padrão de cores PAL-M, derivado do PAL alemão, o Brasil adaptou o padrão japonês para criar seu próprio padrão de televisão digital, o *ISDB-T International*, ou *ISDB-Tb*, ou ainda **SBTVD** (Sistema Brasileiro de Televisão Digital), e acabou sendo adotado por quase toda a América Latina.

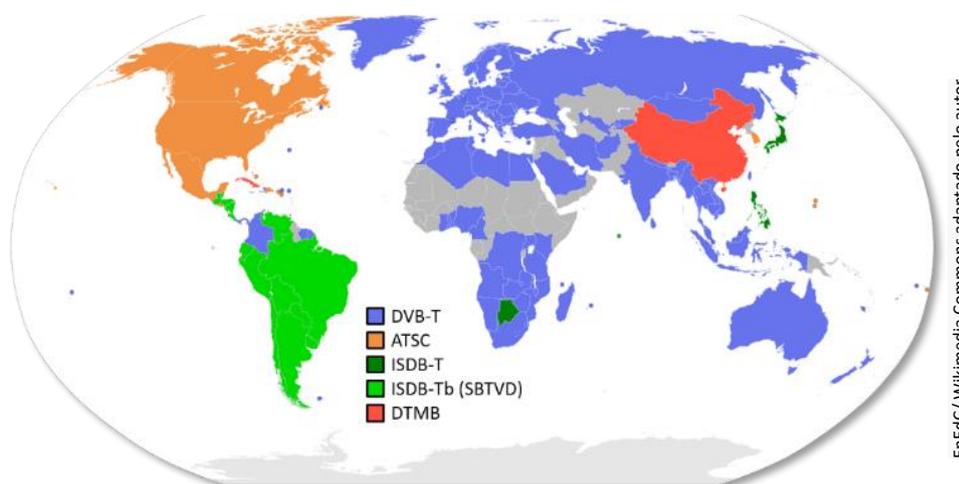


Figura 83. Padrões de TV digital no mundo.

As vantagens da televisão digital não se limitam à alta definição. As emissoras podem transmitir vários programas em um mesmo canal, tornando possível a TV inteligente, ou *smart TV*, em que um aparelho de televisão doméstico pode se transformar num computador. Assim, as emissoras podem oferecer não apenas programação *pay-per-view*, mas também outros serviços interativos, como acesso à internet e canais de TV por streaming de vídeo, como Netflix, Amazon Prime Video, Globo Play etc.

A evolução dos televisores de tela fina e plana, como plasma e LCD, coincidiu com o desenvolvimento da televisão digital, embora uma coisa não esteja necessariamente vinculada à outra. Devido à natureza dos tubos de imagem, as velhas TVs analógicas de CRT estavam presas ao formato, ou *relação de aspecto*, mais “quadrado” 4:3 (isto é, proporção de 4 unidades de largura por 3 de altura). As novas telas podiam ser mais alongadas (*widescreen*), aproximando a exibição da imagem ao campo de visão dos olhos. No início, a relação 16:10 foi usada em algumas telas, especialmente monitores de computador, mas a proporção 16:9 acabou se firmando como padrão de mercado. A partir de 2010, alguns fabricantes, como a Philips e a Vizio passaram a oferecer modelos de telas com aspecto 21:9 (*ultra-widescreen*), mais adequado para a exibição de filmes feitos para cinema, mas a demanda por este formato ainda é baixa.



Figura 84. Comparação de formatos para telas com a mesma área.

## 6.5.1 CAPTAÇÃO DE IMAGEM

Em 2003, a revista americana *Life* incluiu a imagem do bebezinho aí ao lado na lista das *Cem Fotografias que Mudaram o Mundo*. Muito justo. Trata-se da primeira imagem construída digitalmente, obtida pela equipe liderada pelo americano Russell A. Kirsch (1929) em 1957. Não é uma fotografia obtida por uma câmera digital, mas uma fotografia analógica (de filme) copiada por um scanner criado pela equipe de Kirsch no *National Bureau of Standards* (NBS) americano. Era um quadrado de 5 centímetros de lado com resolução de 176 × 176 pixels.

A criação da primeira câmera fotográfica digital é creditada ao engenheiro americano Steven Sasson (1950), da Kodak, em 1975 (Figura 86). A imagem, com 100 linhas, levava 23 segundos para ser gravada em fita.



Russell Kirsch / National Institute of Standards and Technology

Figura 85. Primeira imagem escaneada digitalmente (1957).



Steve Sasson/Kodak



Steve Sasson/Kodak

Figura 86. Primeira câmera digital (esq.) e o computador utilizado na reprodução da imagem. Em ambas as fotos é possível ver as fitas cassete usadas para armazenar as imagens.

O próprio Sasson descreve o desenvolvimento da câmera:

Ela tinha uma lente que pegamos de uma caixa de peças usadas da linha de produção de câmeras de filme Super 8, que ficava no andar abaixo do nosso pequeno laboratório [...]. Na lateral da engenhoca portátil, encaixamos um gravador cassete digital. Acrescente a isso 16 baterias de níquel-cádmio, um novo tipo altamente temperamental de sensor CCD, um conversor analógico-digital roubado de um voltímetro digital, várias dezenas de circuitos digitais e analógicos cabeados em cerca de meia dúzia de placas de circuito, e você terá nossa interpretação de como deveria ser uma câmera eletrônica portátil<sup>34</sup>.

Apesar do pioneirismo, a Kodak não deu prosseguimento ao projeto. Em parte porque os computadores da época eram lentos, grandes e com baixa capacidade de memória e processamento, itens imprescindíveis para a realização de uma imagem digital de qualidade. Mas também porque a fotografia digital poderia competir diretamente com os principais produtos da empresa: a fabricação e a revelação de filmes fotográficos.

<sup>34</sup> SASSON, Steve. *We Had No Idea*. *PluggedIn* (blog de tecnologia da Kodak), 2007. Disponível em: <<http://pluggedin.kodak.com/pluggedin/post/?id=687843>>. Acesso em: Feb. 2013.

Note-se que Sasson já falava de **CCD** em 1975. O CCD (Dispositivo de Carga Acoplada em inglês) foi o primeiro sensor de imagem em estado sólido (circuito integrado ou *chip*), em substituição aos sensores de válvula eletrônica usados até meados da década de 1980, como o Vidicon (Figura 87).

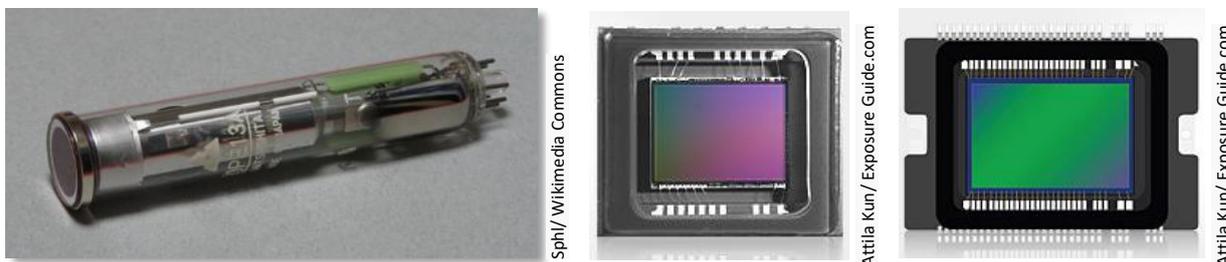


Figura 87. Sensores de imagem: válvula Vidicon (esq.), CCD (centro) e CMOS.

Embora o nome CCD esteja, hoje, fortemente vinculado a foto e vídeo digitais, estes sensores em circuito integrado foram amplamente utilizados em câmeras analógicas de vídeo desde meados dos anos 1980, quando substituíram os sensores de válvula.

O CCD foi inventado em 1969 na *AT&T Bell Labs* como um circuito de armazenamento de memória digital. O sensor **CMOS** (Semicondutor de Metal-Óxido Complementar), principal alternativa ao CCD, foi criado pela empresa japonesa Olympus em 1993. Como os sensores captam apenas intensidade de luz, mas não cores, é necessária a aplicação de filtros sobre cada pixel, como o *filtro de Bayer*, desenvolvido pelo cientista americano Bryce Bayer (1929–2012), da Kodak, em 1976 (v. detalhes sobre o funcionamento básico de cada tipo de sensor e do filtro de Bayer, capítulo 11.2).

Inicialmente, o CMOS foi considerado um elemento de qualidade inferior ao CCD, especialmente devido à menor sensibilidade à luz. Por duas décadas, o termo CCD foi usado como sinônimo de sensor de imagem. Com a evolução tecnológica, porém, as deficiências do CMOS em relação ao CCD foram quase todas superadas, e, atualmente, o CMOS se consolidou como a tecnologia dominante.

## 6.5.2 EXIBIÇÃO

Não há propriamente uma forma “digital” de exibir imagens, pois o olho humano capta luz de forma analógica, não importa de que maneira a imagem é formada numa tela. Neste ponto, a distinção entre um televisor (ou monitor de vídeo) analógico ou digital é um tanto nebulosa. Geralmente, coisas como televisor de tubo e transmissão pelo ar são vinculadas ao mundo analógico, enquanto que sensores CCD e CMOS, televisores de plasma ou LCD, imagem de alta definição e transmissão por fibra óptica estão relacionadas ao mundo digital.

Na verdade, desde os anos 1980, televisores de tubo foram aumentando fortemente o grau de digitalização de várias de suas funções, como a sintonia de canais e controles como volume de áudio e ajustes de imagem. Também podem exibir imagens transmitidas digitalmente, por meio de um conversor chamado *set-top box*. Fibras ópticas podem ser usadas tanto para imagens analógicas quanto digitais, do mesmo modo que o sinal digital pode ser transmitido pelo ar, na faixa de UHF, por exemplo. Como vimos no capítulo anterior, sensores de CCD, que usam matriz de pixels (característica de vídeo digital), foram desenvolvidos inicialmente para câmeras analógicas. Telas de plasma e LCD (cristal líquido) são ótimas para exibir imagens digitais, mas foram desenvolvidas ainda para sinais analógicos. E o primeiro sistema de televisão de alta definição, de 1987, ainda usava sinal analógico.

A necessidade da composição de imagens por pixels tornou-se clara com o surgimento dos monitores de computador, ainda analógicos, na década de 1960. O tipo de maior sucesso até meados da década de 1980 foi o monitor CRT monocromático, ou monitor de fósforo verde. Era tipicamente para exibição de texto; por exemplo, 25 linhas de 80 caracteres em matriz de  $9 \times 14$  pixels (dos quais  $7 \times 11$  formam o caractere e os restantes, os espaços entre caracteres e linhas). Neste exemplo, a tela teria  $720 \times 350$  pixels, que poderiam ser utilizados para formar imagens gráficas, desde que o computador tivesse uma placa de vídeo apropriada.

### 6.5.2.1 PLASMA

Em 1936, o engenheiro húngaro Kálmán Tihanyi (1897–1947) descreveu o princípio da televisão de plasma e concebeu o primeiro sistema de tela plana. O monitor de vídeo de plasma monocromático foi inventado em 1967 por Donald Bitzer e H. Gene Slottow, da Universidade de Illinois em Urbana-Champaign, em parceria com Robert Wilson, da *Plato Computer System*. Chegaram a ser comercializados nos anos 1970 como monitores de computador, geralmente em aplicações restritas, como painéis informativos em locais de grande circulação de pessoas, para aproveitar a vantagem das telas grandes e finas. Porém, os monitores de tubo eram muito mais populares devido ao baixo custo. Ainda assim, mostradores de plasma de sete segmentos, conhecidos pelo brilho laranja intenso, foram muito populares nos anos 1970 e 1980 em caixas registradoras, calculadoras e painéis de instrumentos em geral.



Mtman79/Wikimedia Commons

Figura 88. Terminal de computador Plato V, de 1981, com monitor de plasma laranja e preto.

Em 1992, a japonesa *Fujitsu* apresentou o primeiro monitor de plasma em cores, de 21 polegadas. Em 1997, lançou um monitor de 42 polegadas, com resolução de  $842 \times 480$  e varredura progressiva. No mesmo ano, a Philips começou a comercializar um monitor do mesmo tamanho nos Estados Unidos por cerca de 15 mil dólares no varejo. Ainda em 1997, a japonesa *Pioneer* lançou a primeira TV de plasma de alta definição, de 50 polegadas.

A TV de plasma, também conhecida como PDP (*Plasma Display Panel*), supera algumas desvantagens das telas de CRT (tubo) e LCD (cristal líquido). Pode ser facilmente produzida em tamanhos maiores e bem mais finos do que o CRT e tem um grande ângulo de visualização horizontal e vertical. Por emitir luz própria, como o CRT, a tela de plasma produz uma imagem mais brilhante e nítida, com cores vivas. Porém, consome mais energia do que o LCD e tem circuitos de acesso às linhas e colunas de pixels mais complexos do que o CRT. Veja os princípios de funcionamento de uma TV de plasma no capítulo 15.1.

### 6.5.2.2 CRISTAL LÍQUIDO (LCD)

Desde as primeiras aulas de Ciências, aprendemos que existem três estados da matéria: sólido, líquido e gasoso. Na verdade, a matéria pode se apresentar em outros estados, como o plasma, já mencionado aqui, e em fases intermediárias, como o gel (que não é bem sólido nem líquido). Os cristais líquidos são outra importante fase intermediária, que tem características tanto do estado sólido quanto do líquido. Cristais líquidos têm propriedades de ordenação dos sólidos, mas fluem como os líquidos.

Materiais cristalinos líquidos foram observados há mais de um século, mas só foram reconhecidos como tal nos anos 1880. A primeira descrição sistemática da fase de cristal líquido é atribuída ao botânico e químico austríaco Friedrich Reinitzer (1857–1927), que, em 1888, descreveu suas observações ao

preparar o *benzoato de colesteril*, o primeiro cristal líquido.

O efeito de um campo elétrico sobre o cristal líquido foi descoberto por Richard Williams, da RCA, em 1962. Porém, seria necessário aplicar 1000 volts por centímetro para se conseguir o efeito necessário, valor muito alto para se chegar a um dispositivo prático. George H. Heilmeier (1936), também da RCA, dando prosseguimento aos estudos de Williams, descobriu, em 1964, que certos cristais líquidos poderiam alternar entre estado transparente e opaco leitoso pela aplicação de uma corrente elétrica, porém, em ambos os casos, os cristais utilizados tornavam-se líquidos apenas a temperaturas próximas a 50 °C. Somente em 1968, foi possível a utilização de cristais líquidos à temperatura ambiente, porém o consumo de energia ainda era muito alto para ser aplicado em dispositivos alimentados por bateria. Além disso, os mostradores de LCD não produzem a própria luz, mas necessitam de uma fonte de luz externa, o que tornava outros mostradores, como os de LED ou o fluorescente a vácuo (VFD, Figura 89), surgidos na mesma época, mais atraentes.



Atians/ Wikimedia Commons

Figura 89. Mostrador de VFD de um videocassete dos anos 1980.

Seguindo outra linha de pesquisa, Wolfgang Helfrich (1932), físico alemão também da RCA, interessou-se pela estrutura torcida estudada pelo professor de mineralogia francês Charles-Victor Mauguin (1878–1958), descobridor de um fenômeno conhecido como *regime Mauguin*, em 1911 (v. princípio de funcionamento do LCD no capítulo 15.2). Porém, a RCA não demonstrou muito interesse, pois acreditava que o uso de dois polarizadores absorveria muita luz, exigindo uma fonte muito intensa. Em 1970, Helfrich trocou a RCA pelo Laboratório Central de Pesquisas da suíça *Roche (F. Hoffmann-La Roche Ltd.)*, onde uniu-se à equipe do físico suíço Martin Schadt (1938) para criar uma versão de cristal líquido cuja estrutura torcida era quebrada pela aplicação de um campo elétrico, ou seja, o efeito *Nemático Torcido*.



Foto do autor

Figura 90. Termômetro com mostrador de LCD.

Paralelamente, a também suíça *Brown, Boveri & Cie. (BBC)* trabalhava em um dispositivo semelhante, como parte de uma pesquisa conjunta anterior com a Roche. As duas empresas registraram a patente quase ao mesmo tempo, em 1971, provocando uma disputa judicial que acabou em acordo fora dos tribunais, com a divisão dos royalties pela descoberta.

Apesar de serem usadas em mostradores de relógios e calculadoras desde os anos 1970, foi somente na década seguinte que telas de LCD começaram a se popularizar como mostradores de imagens gráficas, especialmente em computadores portáteis, mas não em televisão. Isto porque a tecnologia adotada, de matriz passiva, possuía uma taxa de atualização (*refresh*) muito baixa. Ou seja, a mudança do estado do pixel de aceso para apagado e vice-versa era muito lenta, sendo aceitável em imagens estáticas como as dos computadores da época, mas não para as imagens em movimento rápido das TVs.

Mesmo em computadores, a lentidão das primeiras telas de LCD fazia com que o ponteiro do mouse deixasse rastro e borrava a imagem quando a tela era rolada. Porém, tinham a vantagem de ser mais leves e baratas do que as de plasma e tubo. Além disso, as primeiras versões não possuíam fonte de luz interna (apenas refletiam a luz ambiente), e, portanto, consumiam muito menos



Casio Computer Co., Ltd.

Figura 91. Casio TV-10, a primeira LCD.

energia. Mesmo com limitações técnicas, a japonesa *Casio* lançou o primeiro modelo de TV de LCD em 1983, com resolução padrão e recepção analógica; era monocromática (a versão colorida só viria dois anos depois) e tinha tela de 2,7 polegadas, a menor do mundo na época. Alguns modelos seriam lançados nos anos seguintes, mas ao final da década, as telas de plasma ainda levavam grande vantagem técnica sobre as de LCD.

A padronização da TV de alta definição ajudou a dar o primeiro impulso ao mercado de novas tecnologias, principalmente devido ao formato de tela de 16:9, ou widescreen, muito difícil de se obter em televisores de tubo, com formato 4:3, usado desde a invenção da câmera de cinema. Como o tubo de imagem possui um canhão de elétrons no centro, sua forma ideal é circular. Quanto mais retangular for a tela, maior será a tendência de distorcer a imagem nos cantos e maior a dificuldade de conter o vácuo interno. Além disso, a resolução muito maior dos novos formatos é pouco perceptível nas telas pequenas das TVs de tubo mais comuns. A profundidade das TVs de tubo é proporcional ao tamanho da tela. Logo, TVs de tubo de tela grande exigem enormes e pesadas caixas, o que torna inviáveis modelos acima de 29 polegadas. Como comparação, hoje é fácil encontrar no varejo TVs de LCD acima de 50 polegadas a preços relativamente baixos.

Ainda em meados dos anos 1990, telas de LCD não conseguiam exibir adequadamente imagens em movimento rápido, especialmente em resoluções maiores. Por isso, nesta época, as telas de plasma eram a única opção viável para TV de alta definição.

A situação começou a mudar rapidamente na virada do século, com a solução do problema da baixa velocidade de atualização do LCD, graças ao desenvolvimento de novos materiais e da tela com matriz de endereçamento ativo. Ao contrário da matriz passiva, que depende da inércia do pixel para memorizar a informação de brilho, a matriz ativa consegue manter o estado de cada pixel enquanto os demais são endereçados.

No início, as TVs de plasma mantiveram sua hegemonia em telas grandes, enquanto que o LCD conquistava o nicho de telas médias e pequenas. Mas, enquanto as TVs de plasma não conseguiam uma economia de escala, apesar da melhor qualidade de imagem, as telas de LCD baixavam rapidamente o preço, na mesma proporção do aumento da tela. Em 2006, já era possível encontrar TVs de LCD de 42 polegadas pelo mesmo preço que uma de plasma do mesmo tamanho. E o mais importante: enquanto o LCD já oferecia telas de resolução *full HD* (1080p), o plasma tinha dificuldades técnicas para ultrapassar a barreira do HD padrão (720p).

Ao final de 2007, já estava claro que as vendas de Natal de TVs de LCD ultrapassariam as de plasma. Fechadas as contas, os especialistas ficaram surpresos ao concluir que as vendas globais de TV de LCD ultrapassaram não apenas as de plasma, mas também, as de TV de tubo. Em março de 2008, a Sony encerrou sua produção de TVs de tubo. O anúncio da Pioneer Electronics de que encerraria sua produção de plasma em fevereiro de 2009 é considerado o ponto de inflexão na história desta tecnologia. A queda constante do preço e o aumento do tamanho das telas de LCD derrubaram as vendas de TV de plasma. Em meados da década de 2010, quase todos os fabricantes importantes haviam encerrado sua produção de TV de plasma.

### 6.5.2.3 TELAS DE LED E OUTRAS TECNOLOGIAS

Um *diodo* é um componente eletrônico simples, feito de material semicondutor como silício ou germânio. Com o acréscimo de impurezas, são criadas duas regiões: uma com excesso de elétrons livres, e outra com falta deles (ou excesso de lacunas), onde seria esperada a presença de elétrons (chamadas de tipo *n* e *p*, respectivamente). Como estes elétrons só conseguem se deslocar da região onde estão em excesso para a que estão em falta (elétrons não dirigem na contramão), a corrente elétrica só flui num único sentido, sendo bloqueada no sentido oposto, o que é a principal característica de um diodo. O LED, ou **diodo emissor de luz**, é um caso particular de diodo, em que energia, na forma de luz (visível ou não), é emitida no momento em que os elétrons passam de uma região para outra.



Foto do autor

Figura 92. Mostrador de LED em relógio.

Mostradores de LED e LCD começaram a se popularizar na mesma época, em meados dos anos 1970. Se fosse uma competição, podemos dizer que terminou com o placar de 1 a 1. Por emitirem a própria luz, mostradores de LED disseminaram-se em aparelhos eletrônicos em geral, como luzes indicadoras, mostradores numéricos, relógios etc. Mostradores de LCD, por outro lado, consomem menos energia e, portanto, são indicados para aparelhos alimentados por bateria, como relógios de pulso, calculadoras e telefones celulares.

Na virada do século XXI, as duas tecnologias, antes concorrentes, uniram-se para formar a TV de LED. Toda TV de LED utiliza tecnologia LCD. O que a distingue de uma televisão de LCD comum é a fonte de luz, ou *backlight*. Numa TV LCD comum, o backlight é feito de uma bateria de lâmpadas fluorescentes de catodo frio (CCFL). Na TV de LED, a luz do backlight é produzida por uma série de LEDs posicionados nas bordas da tela ou no fundo, formando uma matriz.

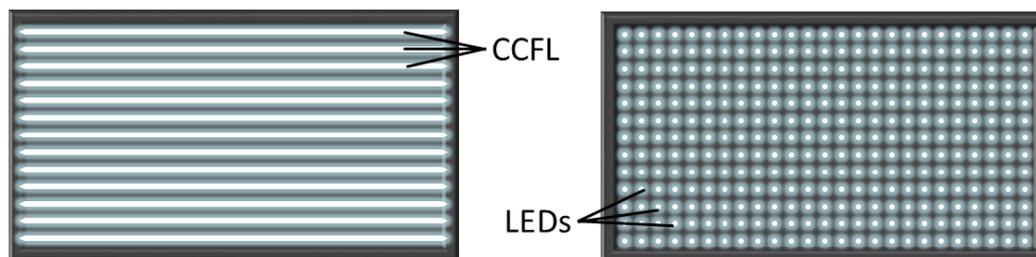


Figura 93. Backlights de tela de LCD (esq.) e LED (dir.).

O termo “TV de LED” causa alguma confusão não só em relação à TV LCD comum, mas também em relação a outro tipo de tela: o painel ou display de LED. Diferentemente do que ocorre numa TV de LED, onde os LEDs desempenham apenas a função de backlight, num painel de LED, o próprio pixel é formado por um grupo (*cluster*) de LEDs. Portanto, cada elemento de imagem emite luz própria, como numa tela de plasma. Esta confusão entre TV de LED e painel de LED chegou aos tribunais em 2009, quando consumidores queixaram-se à ASA (*Advertising Standards Authority*, órgão inglês de regulamentação de publicidade, equivalente local ao nosso CONAR) contra um comercial da Samsung, que anunciava seu produto como “TV de LED” com o slogan “TV de nova geração”. A ASA concluiu que isto poderia confundir o consumidor e determinou que a Samsung deveria usar expressões menos ambíguas, como “TV LCD de LED” ou “TV LCD baseada em LED”. Apesar disso, foi a expressão *TV de LED* que se consagrou entre o público.

Como a tecnologia atual ainda não permite a construção de LEDs muito pequenos, os displays de LED costumam ser grandes, o que os torna ideais para grandes espaços, como em painéis de publicidade, estádios e grandes shows.

Os painéis de LED podem ser montados com LEDs discretos (separados) ou em módulos. Isto dá ao display uma grande flexibilidade de formas, não ficando preso ao formato retangular tradicional. A Figura 94 mostra um exemplo de painel de LED aplicado a três faces trapezoidais do edifício da Fiesp, em São Paulo, transformado num *video game* e galeria de arte gigantes.



Figura 94. Painel de LED no edifício da Fiesp.

#### 6.5.2.4 TECNOLOGIAS EMERGENTES

A *eletroluminescência* é um fenômeno em que um material emite luz em resposta à passagem de uma corrente elétrica ou de um campo elétrico intenso. O material semicondutor dos LEDs ou o fósforo de lâmpadas fluorescentes e telas de televisores CRT são exemplos do fenômeno. O cientista francês André Bernanose (1912–2002) e seus colegas da Universidade de Nancy observaram eletroluminescência em materiais orgânicos pela primeira vez no início dos anos 1950. Em 1960, cientistas da Universidade de Nova York desenvolveram eletrodos de contato em cristais orgânicos. Estes contatos são a base de injeção de carga dos atuais diodos orgânicos emissores de luz, ou LEDs orgânicos, ou, simplesmente, **OLEDs**. A eletroluminescência em filme de polímero orgânico foi observada pela primeira vez no *National Physical Laboratory*, do Reino Unido, em 1975, e o primeiro diodo foi produzido pela Eastman Kodak em 1987. Finalmente, em 1990, o *Cavendish Laboratory*, de Cambridge apresentou um polímero emissor de luz verde de alta eficiência, usando filme de 100 nm de espessura.

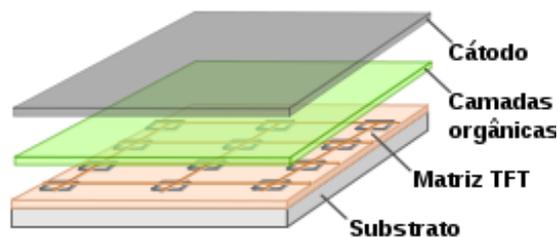
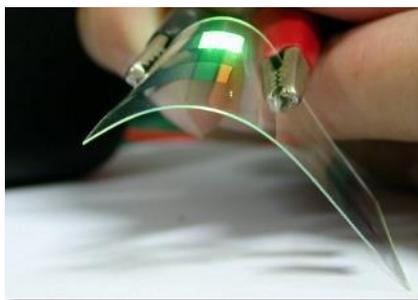


Figura 95. Filme de OLED flexível (esq.) e camadas em uma tela AMOLED.

Num OLED, uma camada de semicondutor orgânico é colocada entre dois eletrodos. Pelo menos um destes eletrodos é transparente. Se um conjunto de OLEDs for montado em forma de matriz sobre um painel de transistores de película fina, TFT, (v. capítulo 15.2), é possível ativar cada elemento, ou pixel, individualmente. Telas montadas desta forma são chamadas de OLED de matriz ativa, ou **AMOLED**. Nos últimos anos, esta tecnologia está começando a se popularizar em telas de TV e dispositivos portáteis.

Se o semicondutor orgânico for depositado sobre um substrato de filme plástico, é possível obter uma tela flexível, mais leve e fina do que as convencionais. No final de 2013, a sul-coreana LG lançou um smartphone com corpo e tela curvos e flexíveis e, no início de 2019, a chinesa Royole apresentou um smartphone com tela dobrável (Figura 96).



Figura 96. Smartphone com tela AMOLED dobrável.



Figura 97. HUD num avião Super Hercules

Se ambos os eletrodos da tela de OLED forem transparentes, é possível obter uma tela transparente, como as utilizadas em painéis de comando de aviões (HUD, *Head-up Display*) e, mais recentemente, em automóveis (Figura 97).

Os displays de OLED são uma aposta promissora para a próxima geração de telas de televisão e dispositivos portáteis. Comparadas com as telas de LCD, as telas de OLED são mais leves, finas e flexíveis. Como não usam backlight (que fica aceso o tempo todo em uma tela de LCD ou LED), é possível energizar cada pixel separadamente, ajustando a intensidade de luz emitida de acordo com o pedaço da imagem que está sendo mostrado; o resultado disso é maior brilho e melhor relação de contraste, além de menor consumo de energia. Como cada pixel emite sua própria luz, o ângulo de visualização também é maior do que em telas de LCD. O tempo de resposta também é maior, permitindo uma taxa de atualização teórica de até 100.000 Hz, contra 60 a 480 Hz do LCD. Outra possibilidade teórica é a impressão de telas de OLED sobre o substrato com uma impressora de jato de tinta. O principal problema técnico a ser resolvido é a vida útil, ainda bem mais baixa do que LCD ou LED, especialmente o OLED de cor azul. Isto também leva a um desequilíbrio das cores, pois cada cor se degrada num ritmo diferente. Também o preço ainda é um obstáculo a ser vencido, mas é só uma questão de tempo para que a escala de produção faça o preço cair.

Como já vimos aqui (capítulo 6.4.1.1), os formatos analógicos mais comuns, NTSC e PAL, tinham resolução vertical de 480 e 576 linhas entrelaçadas, respectivamente. Seu correspondente digital aproximado é chamado de *Definição Padrão* (SDTV). A partir de 720p (1280 × 720 varredura progressiva) a imagem já é considerada de alta definição (HDTV). As transmissões de televisão de alta definição mais comuns atualmente são de 1080i (1920 × 1080 varredura entrelaçada), mais conhecida como *full HD*, que resulta em cerca de 2 megapixels. O próximo passo em termos de definição é a **Ultra HD** (UHDTV), que engloba as resoluções **4K** e **8K** (UHDTV-1 e UHDTV-2 respectivamente). Estes formatos superam o HDTV não apenas em termos de resolução, mas também em taxa de quadros, faixa de cores, número de canais de som *surround* (22.1 canais, em vez do 5.1 do HDTV) e só utilizarão varredura progressiva. A resolução 4K é de 8,3 megapixels (3840 × 2160) e a resolução 8K é de 33,2 megapixels (7680 × 4320) e ambas podem chegar até 120 quadros por segundo (contra 30 fps do full HD com varredura progressiva).

	SDTV		HDTV			UHDTV	
<b>Padrão</b>	NTSC (480i)	PAL (576i)	720p	1080i	1080p	4K (2160p)	8K (4320p)
<b>Resolução</b>	704 × 480	704 × 576	1280 × 720	1920 × 1080		3840 × 2160	7680 × 4320
<b>Megapixels</b>	0,338	0,405	0,922	2,074		8,294	33,18
<b>Quadros/seg.</b>	30	25	60	25 e 30	50 e 60	60 e 120	
<b>Campos/seg.</b>	60	50	–	50 e 60	–	–	
<b>Varredura</b>	Entrelaçada		Progr.	Entr.	Progr.	Progressiva	
<b>Aspecto</b>	4:3 e 16:9		16:9			16:9	

Tabela 1. Comparação entre as definições de TV digital: Padrão (SDTV), Alta (HDTV) e Ultra HD (UHDTV).

O primeiro protótipo de UHDTV foi demonstrado em 2003 pela NHK, a emissora pública japonesa que, como já vimos, mantém um laboratório de pesquisa tecnológica (*NHK Science & Technical Research Laboratories*). Foi utilizada uma matriz de 16 gravadores HDTV de 3,5 TB para gravar 18 minutos de vídeo. A câmera foi montada com quatro sensores CCD de 2,5 polegadas e resolução de 7680 × 4320 pixels, sendo dois CCDs para o verde e um de cada para o vermelho e o azul. Em 2006, a NHK fez



Cristina Índio do Brasil/Portal G1

Figura 98. Exibição experimental em 8K do Carnaval do Rio de Janeiro.

uma demonstração ao vivo por fibra óptica, já que a velocidade de 24 Gbit/s necessária era muito alta para a transmissão “pelo ar”. Graças ao desenvolvimento de *codecs* para compressão de vídeo, em 2013 já era possível transmitir 4K a 20 Mbit/s. Em 2008, foi lançado o primeiro sensor CMOS, desenvolvido especificamente para a NHK. No mesmo ano, as emissoras NHK, RAI (italiana) e BSkyB (britânica), juntamente com as fabricantes Samsung e as japonesas Sony, Toshiba, Panasonic e Sharp fizeram a primeira demonstração pública de UHDTV, de Londres a Amsterdã. Nas Olimpíadas de 2012, a BBC instalou telas de Ultra HD de 15 metros de largura em locais públicos para a exibição dos Jogos. No Carnaval de 2013, a NHK e a TV Globo fizeram a primeira gravação experimental em 8K no Brasil. A Copa do Mundo de futebol no Brasil, em 2014, foi a primeira a ser inteiramente captada em 4K, mas com transmissão restrita a poucos locais. Em 2015, alguns canais passaram a transmitir programação regular em UHDTV, mas a popularização deste formato não acontecerá antes da década de 2020. Em janeiro de 2018, a NHK transmitiu os Jogos Olímpicos de Inverno de Pyeongchang, na Coreia do Sul, em 8K.

Mas, se a imagem em HDTV já é tão boa, por que precisamos de mais definição se nossos olhos provavelmente nem percebem a diferença? De fato, a UHDTV foi concebida para telas grandes, onde os pixels isolados ficam mais visíveis. Mas, inevitavelmente, o Ultra HD irá parar em nossas televisões domésticas algum dia. Será que perceberemos uma melhoria tão grande?

Uma experiência<sup>35</sup> foi feita durante um evento realizado em 2013 pela loja britânica Richer Sounds. Dois aparelhos de televisão de OLED de 55” foram colocados lado a lado, com uma moldura cobrindo qualquer

<sup>35</sup> TEOH, Vincent. *4K Resolution Is Visible vs 1080p on 55” TV from 9’ Viewing Distance*. HDTVtest, Dec. 15, 2013. Disponível em: <http://www.hdtvtest.co.uk/news/4k-resolution-201312153517.htm>. Acesso em: Fev. 2014.

identificação de marca ou modelo. Um dos televisores tinha definição 1080p HDTV e o outro era um Ultra HD de 4K. Os visitantes foram, então, colocados a 2,75 metros de distância dos aparelhos e convidados a tentar descobrir qual dos dois tinha maior resolução. Dos 49 visitantes testados, apenas um não conseguiu identificar corretamente a TV de 4K, indicando que há uma perceptível diferença, mesmo a quase 3 metros de distância.

Mas, por mais que cresçam as resoluções das novas telas, estão sempre limitadas a duas dimensões: altura e largura. Falta a terceira: profundidade. Falta a televisão em três dimensões, a TV 3D.

### 6.5.2.5 TECNOLOGIAS EM 3D

Pelo que vimos até agora, podemos resumir a evolução das técnicas de exibição de imagens em movimento com uma frase:

***A arte de enganar os olhos e o cérebro***

Vejamos:

- A rápida sucessão de imagens paradas engana o cérebro, dando sensação de movimento (v. cap. 3.1); A rápida sucessão de linhas de varredura engana o cérebro, que percebe as linhas como se fossem mostradas ao mesmo tempo, compondo a imagem inteira (v. capítulos 6.2 e 6.3);
- A quebra da imagem em minúsculos pixels engana os olhos, que não têm capacidade de distinguir objetos tão pequenos (v. capítulo 6.5);
- A quebra do pixel em três cores primárias engana os olhos, que não distinguem objetos tão pequenos e os interpretam como milhões de tonalidades de cor (v. capítulo 6.4.1);
- A divisão da captação do som em diversos canais e sua reprodução em dezenas de alto-falantes posicionados em torno do ouvinte (som *surround*) engana o cérebro, dando a sensação de estar dentro da cena (v. capítulo 6.5.2.4).

O cérebro é um órgão complexo, difícil de enganar. O mundo é tridimensional, mas a maioria das telas é bidimensional. Como enganar o cérebro, fazendo-o enxergar três dimensões numa tela onde só há duas? Ajudando-o ver como nós: com dois olhos (ou duas câmeras).

A visão binocular (ou espacial, estereoscópica ou tridimensional), é uma forma que a própria natureza encontrou de enganar o cérebro, já que cada olho capta a imagem em apenas duas dimensões. É a fusão das imagens dos dois olhos, feita no córtex visual do cérebro, que dá a sensação de profundidade.

Apesar de o olho ter um campo visual amplo, apenas numa pequena região da retina, a fóvea, é possível enxergar o objeto com nitidez. A visão periférica é menos definida e, nos extremos, é possível perceber apenas movimentos, sem distinção de formas e cores. Por isso é difícil definir precisamente o limite angular do olho. O valor geralmente aceito fica entre 120° e 200°. Já a região de visão binocular, em que o objeto é visto ao mesmo tempo pelos dois olhos está entre 120° e 130°.

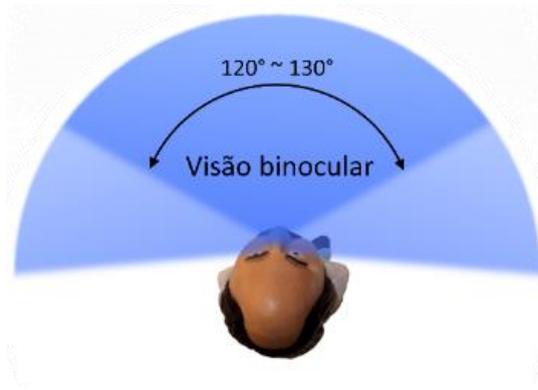


Figura 99. Campo visual humano; a área mais escura corresponde à visão binocular.

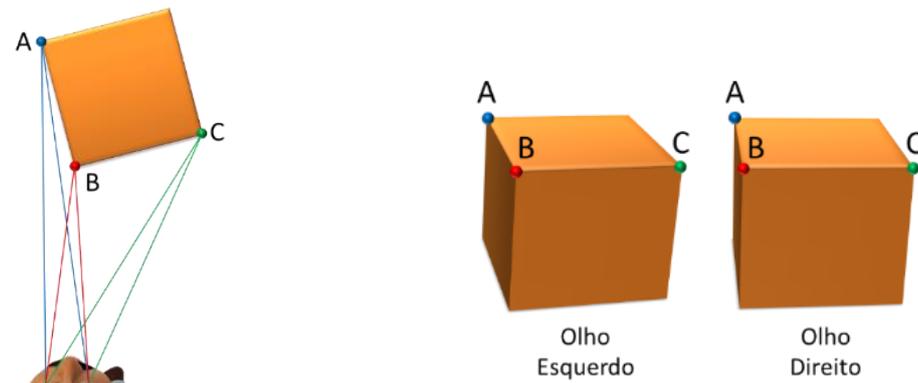


Figura 100. Exemplo de como um cubo é visto pelos dois olhos. Como os olhos veem os pontos A, B e C de ângulos e distâncias diferentes, cada um vê o cubo de forma ligeiramente diferente. A fusão das duas imagens no cérebro dá a noção de profundidade, que é a base da visão tridimensional.

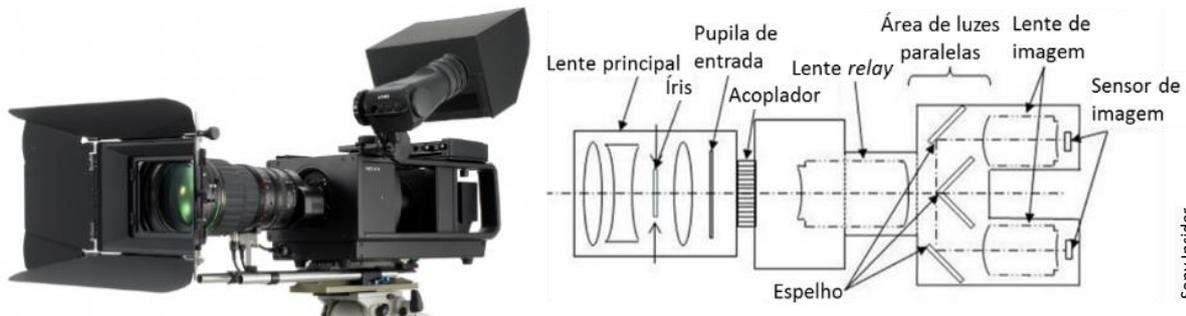
Desde as origens até hoje, a forma de captura de imagens em 3D não mudou muito. Basicamente, duas câmeras lado a lado ou uma câmera com duas lentes capturam imagens independentes, simulando os dois olhos; são chamadas de binoculares (Figura 101).



Esq. e Centro: Museum of the History of Science, de Oxford. Dir.: Panasonic Corp.

Figura 101. 3D em 3 tempos: câmera fotográfica estereoscópica de W. W. Rouch, de 1865 (esq.); câmera fotográfica colorida estereoscópica Sanger Shepherd, de c.1907 (centro); câmera de vídeo 3D Panasonic HDC-Z10000, de 2011 (dir.).

O problema com as câmeras binoculares é a necessidade de um ajuste idêntico para as duas lentes; a mínima diferença de foco, alinhamento, distância focal etc. prejudica a visualização em 3D. Algumas câmeras usam lente única, onde a imagem é dividida em duas por pares de espelhos. A óptica interna é bem mais complexa, mas elimina o problema com a lente dupla (Figura 102).



Sony Insider

Figura 102. Câmera 3D de lente única da Sony e seu diagrama interno.

Em 1838, quando a fotografia ainda engatinhava, o cientista britânico Charles Wheatstone (1802–75) publicou um artigo em que definia as bases da *estereografia*, mostrando que o cérebro une duas imagens bidimensionais vistas por cada olho para formar uma imagem tridimensional. Como os olhos estão afastados em cerca de 6,5 centímetros, vemos as duas imagens por ângulos ligeiramente diferentes. Esta aparente diferença na forma ou posição do objeto dependendo do ponto de vista é chamada de *paralaxe*. O próprio Wheatstone (mais conhecido pelo aperfeiçoamento de um circuito para medição de resistências elétricas) fez imagens estereoscópicas, primeiro com desenhos e depois com fotografias, e construiu um *estereoscópio*, aparelho que permite ver estereografias em três dimensões. Nos 80 anos seguintes, a estereografia fez grande sucesso e milhões de aparelhos foram vendidos (Figura 103). Mas tinham o mesmo inconveniente do cinetoscópio de Thomas Edison: só podiam ser usados por uma pessoa de cada vez (v. capítulo 5.1.3). A televisão estereoscópica 3D foi demonstrada pela primeira vez em 1928 por John Logie Baird (o criador da televisão mecânica, sempre ele, v. capítulo 6.2). Baird foi pioneiro em televisão 3D, tanto em sistemas eletromecânicos quanto com tubo de raios catódicos. O primeiro filme em 3D colorido foi produzido em 1935. Câmeras fotográficas em 3D já eram comuns durante a Segunda Guerra Mundial e nos anos 1950 houve a primeira grande onda de filmes 3D em Hollywood. Apesar de algumas experiências esporádicas desde os anos 1980, transmissões regulares de televisão em 3D começaram somente em 2008, pela emissora japonesa por satélite *BS11*.



Figura 103. Estereoscópio do tipo "Holmes", séc. XIX.



Figura 104. Estereografia de 1901. Estas duas fotos parecem iguais, mas foram tiradas de ângulos ligeiramente diferentes. Para ver a imagem tridimensional, afaste a foto até a distância do braço esticado. Depois, fique "vesgo", isto é, cruze os olhos até que a foto da direita, vista pelo olho direito, funda-se com a foto da esquerda vista pelo olho esquerdo. Como resultado, você verá três fotos quase iguais, em que a do meio parecerá tridimensional.

Quando uma nova tecnologia está em desenvolvimento, surgem várias técnicas que tentam solucionar um problema específico, até que uma delas se impõe sobre as outras e torna-se padrão. Foi o que aconteceu com o surgimento da televisão e está acontecendo agora com as tecnologias 3D. Algumas funcionam melhor em televisão, outras em cinema; algumas com imagens reais, outras com imagens geradas por computador. Vejamos um resumo de algumas delas a seguir.

O método mais antigo de exibição de imagens em 3D para plateias é chamado de **anaglífico**. Por esta técnica, as duas imagens são sobrepostas através de dois filtros, um vermelho e outro ciano (Figura 105). Óculos com filtros coloridos diferentes para cada olho separam as imagens apropriadas ao eliminar a cor filtrada e mostrando a cor complementar como preta. Pode ser usado tanto em cinema quanto em imagens impressas e os óculos são simples e baratos. Porém, as cores são muito apagadas e não funciona muito bem em tela de televisão.

A técnica anaglífica foi inventada em 1915 pelo americano Edwin S. Porter (1870–1941) e o primeiro filme produzido por este método foi *The Power of Love*, de 1922. Apesar disso, a primeira técnica a se popularizar no cinema nos anos 1950 foi a do **sistema de polarização**.

No **sistema de polarização**, duas imagens são projetadas sobrepostas na mesma tela através de diferentes filtros polarizados (para mais informações sobre polarização da luz e filtros polarizados, v. capítulo 6.5.2.2). A técnica torna as cores muito mais realistas do que o sistema anaglífico e reduz o efeito fantasma (imagem dupla). O espectador precisa usar óculos em que cada lente é um filtro com polaridade diferente da outra. Por exemplo, uma lente é polarizada a  $45^\circ$  e a outra a  $135^\circ$  (Figura 106). Também é possível a utilização de polarização circular em vez de linear, pois nesse tipo de polarização o espectador não precisa manter a cabeça sempre ereta para manter o alinhamento dos óculos com a tela. Porém, a polarização linear é a mais usada por ser mais fácil de ajustar nas armações dos óculos, que, de tão baratos, podem ser descartáveis, ideais para uso em cinema.



U.S. Department of the Interior – U.S. Geological Survey/Wikimedia Commons



Snail/Wikimedia Commons

Figura 105. Foto 3D anaglífica e óculos.

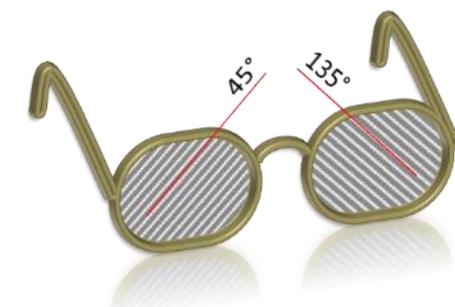


Figura 106. Esq.: Plateia assiste a filme em 3D em Londres, 1951; acima: óculos 3D com filtros polarizados a  $45^\circ$  e  $135^\circ$  (as linhas nas lentes não são visíveis a olho nu).

O sistema de polarização foi demonstrado pela primeira vez nos anos 1890. O projetor usava *prismas de Nicol*, criados em 1828, para a polarização. Para a visualização, eram usadas finas folhas de vidro, posicionadas num ângulo que refletia a luz de polaridade indesejada, mas a técnica só se tornou viável após a invenção da folha de plástico polarizado *Polaroid*, por Edwin Land. Em 1936, o americano Edwin H. Land (1909–91), cofundador da *Polaroid Corporation* e pesquisador da luz polarizada, fez uma demonstração de filtros polarizados em conjunto com fotografias 3D. Os filmes correspondentes aos olhos esquerdo e direito precisavam ser exibidos separadamente, com um projetor para cada, que tinham de ser precisamente sincronizados. A perda de sincronismo de um único fotograma prejudicaria o efeito 3D. Como a luz é despolarizada pela tela branca, é necessário o uso de caras telas prateadas. É a técnica mais usada atualmente em cinemas, por exemplo, nos formatos conhecidos comercialmente como *IMAX* e *RealD*. Também pode ser usada em televisão, mas é mais fácil de ser implementada em telas de CRT do que em LCD, pois estas últimas já possuem uma camada de filtro polarizado para a exibição dos pixels. Uma solução adotada pela LG Electronics é colocar lentes polarizadas em linhas alternadas, pares e ímpares, uma para cada olho. A principal desvantagem é que isto reduz a resolução vertical pela metade.

Em 1922, o mesmo ano em que foi exibido o primeiro filme em sistema anaglífico, o engenheiro americano Laurens Hammond (1895–1973), que mais tarde inventaria o famoso órgão eletrônico que leva seu nome, apresentou um sistema 3D que batizou de *Teleview*. Foi o primeiro sistema 3D de quadros alternados visto pelo público. Usando dois projetores, um para a imagem de cada olho, os quadros eram exibidos de forma alternada em alta velocidade. Um dispositivo de visualização instalado no braço da poltrona tinha obturadores giratórios com motor elétrico funcionando em sincronia com os obturadores dos projetores. Desta forma, cada olho via uma imagem separada de cada lado alternadamente.

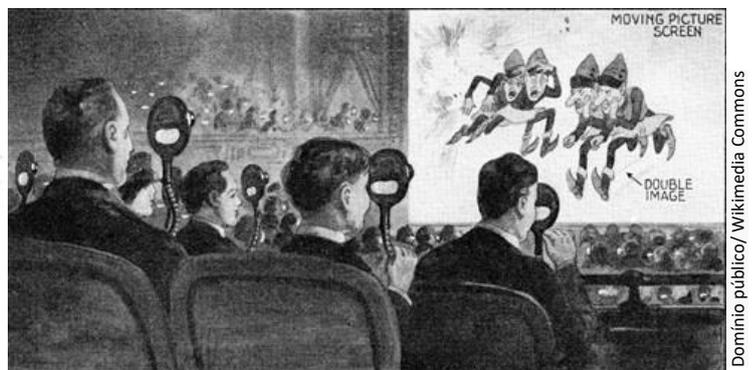
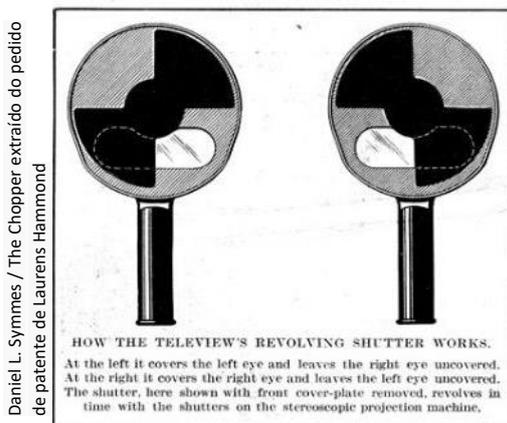


Figura 107. Visualizador do *Teleview* (esq.), de 1922, que era fixado ao braço da poltrona.

Apesar de criativo, o sistema exigia a adaptação das salas de cinema, com a instalação do visualizador em todas as poltronas. Por isso, foi implantado em apenas um cinema de Nova York, que exibiu uma série de curtas metragens por algumas semanas. Depois disso, o sistema de **obturador ativo**, como é conhecido hoje, permaneceu praticamente esquecido por décadas até a invenção dos óculos com obturador de cristal líquido, pela *Evans and Sutherland Computer Corporation*, nos anos 1970. Eram feitos de papelão e fita adesiva, mas não chegaram a ser comercializados por apresentarem efeito fantasma.

Como o sistema com óculos de obturador ativo (ASG, também conhecido como Sequenciamento de Quadros Alternados, AFS, ou método de eclipse) exibe uma imagem para cada olho alternadamente, a taxa de quadros acabaria reduzida pela metade. Portanto, as imagens precisam ser gravadas e exibidas com o dobro da taxa de quadros normal. Um vídeo de 30 fps precisa de uma taxa de atualização de 60 Hz. Na prática, isto ainda é pouco. Como os quadros passam metade do tempo apagados, pode ocorrer o desagradável efeito de *flicker*, que pode causar dores de cabeça e até convulsões em epiléticos. Por isso,

é preciso elevar a taxa de atualização para, pelo menos 120 Hz.

Cada lente dos óculos tem uma tela de LCD que se torna opaca ou transparente de forma alternada para cada olho, em sincronia com a imagem da tela (de cinema ou TV), que também exibe a imagem correspondente para cada olho de forma alternada. Para manter o sincronismo entre os óculos e a tela é preciso haver uma conexão, que pode ser por fio ou por sinais de infravermelho, rádio, Bluetooth etc.

Comparado com o sistema anaglífico, o sistema de obturador ativo é capaz de exibir todo o espectro de cores de forma natural. Sobre o sistema polarizado, tem a vantagem de não reduzir a resolução vertical pela metade. A principal desvantagem são os óculos, caros e pesados, pois precisam carregar uma bateria, e as lentes escurecem um pouco a imagem. Além disso, geralmente um par de óculos feito para televisores de fabricantes diferentes são incompatíveis entre si. Devido à complexidade, este sistema é mais caro do que os métodos passivos, mas sua qualidade de imagem superior ajuda a sua popularização, que deve resultar em redução de preço.

Formatos mais recentes, conhecidos pelos nomes comerciais *Dolby 3D* e *Panavision 3D*, utilizam o sistema de **filtro de interferência**. Esta técnica usa comprimentos de onda específicos de vermelho, verde e azul para cada olho. A imagem é vista em 3D por meio de óculos que filtram estes comprimentos de onda. Filtros especiais de interferência (filtros dicromáticos) nos óculos e no projetor são a essência desta tecnologia, que também é conhecida como *filtro de pente espectral* ou *visualização de comprimento de onda multiplexado*. Às vezes, é descrita como “super-anaglíficas”, pois é um avanço sobre a multiplexação espectral, que é a base da técnica anaglífica convencional. Ela elimina a necessidade das telas prateadas do sistema polarizado, porém os óculos são bem mais caros.

Mas, por que não unir óculos e tela na mesma peça? Os *head-mounted displays* (HMD) não foram criados especificamente para exibir imagens em 3D, mas como um instrumento para *realidade virtual* ou *realidade aumentada*. Na primeira, é uma peça fechada como uma máscara; o usuário vê apenas o que é exibido na tela, em 2D ou 3D. Na segunda, há uma ou duas telas à frente das lentes transparentes; o usuário vê

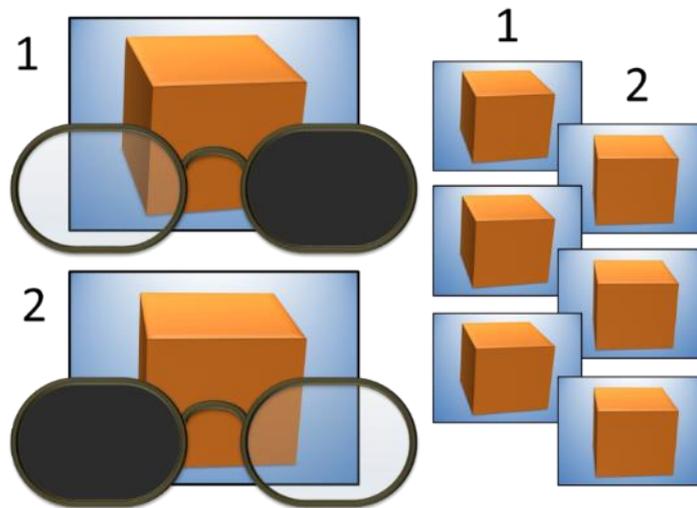


Figura 108. Sistema de obturador ativo (ASG); as imagens do olho esquerdo (1) e direito (2) são exibidas alternadamente. As lentes dos óculos ficam opacas ou transparentes em sincronia com a tela.



Sony Insider

Figura 109. Óculos 3D da Sony com obturador ativo.



Sony Corp.



Google

Figura 110. Wearable HDTV, da Sony (acima) e o Google Glass.

as telas e as imagens reais através dos óculos ao mesmo tempo. O *Google Glass* é um exemplo deste tipo. Os óculos (ou capacetes) de realidade virtual têm diversas aplicações, como em treinamento de pilotos em simuladores de voo, em engenharia (para visualização de modelos tridimensionais), video games etc. As telas “vestíveis” (*wearable display*), como também são chamadas, não são muito indicadas para cinema e televisão, pois são de uso individual.

Mas, será que nunca vamos conseguir nos livrar dos óculos? Tecnicamente, a visão tridimensional autônoma, isto é, sem a necessidade de equipamentos auxiliares como óculos, é chamada de **autoestereoscopia**. As técnicas de *barreira de paralaxe* e *matriz lenticular* são as mais usadas atualmente.

O princípio da **barreira de paralaxe** foi inventado em 1901. Um século depois, a Sharp comercializou laptops com esta tecnologia, seguida por celulares da Hitachi e câmeras da Fujifilm, sem grande sucesso. Em 2011, a Nintendo lançou o 3DS, um console portátil que foi bem recebido pelo público. A barreira de paralaxe é uma camada de material com ranhuras colocada em frente à tela de LCD convencional (Figura 111). A tela exibe colunas de pixels alternadas para cada olho. As ranhuras permitem que cada olho veja apenas o conjunto de colunas direcionado a ele.

A técnica da **matriz lenticular** (ou fotografia integral) foi criada em 1908, usando uma matriz bidimensional de pequenas lentes. Um sistema com matriz unidimensional de lentes cilíndricas foi patenteado em 1912, e é semelhante à técnica usada hoje. Uma vantagem sobre a barreira de paralaxe é que as lentes ampliam lateralmente a imagem das colunas, em vez de ocultar metade da largura delas. Em 2009, a Philips lançou uma linha de telas de Ultra HD usando esta técnica.

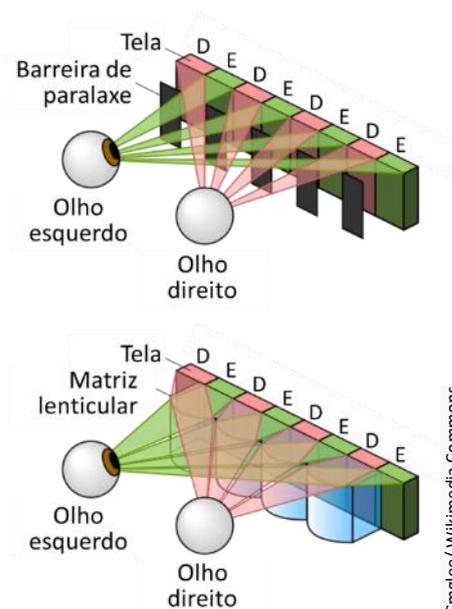


Figura 111. Técnicas da barreira de paralaxe (acima) e de matriz lenticular.

Estas técnicas de autoestereoscopia ainda não se popularizaram devido a duas deficiências que precisam ser vencidas. A primeira é que reduzem a resolução horizontal pela metade, já que apenas metade das colunas é direcionada para cada olho. Mas a principal deficiência, e a mais grave, é a necessidade do espectador se posicionar num local específico, diretamente em frente à tela, com a cabeça ereta, para poder perceber o efeito 3D.

Quando tantas tecnologias tentam resolver o mesmo problema, significa que nenhuma conseguiu ainda uma solução definitiva. De fato, nenhuma das tecnologias disponíveis, com ou sem óculos, consegue um efeito tridimensional realista. Talvez isto aconteça porque as imagens são planares, isto é, ficam confinadas numa tela, onde a profundidade é apenas simulada. Mas não precisa ser assim. Algumas tecnologias em desenvolvimento poderão libertar a imagem de dentro da tela. São os **displays volumétricos**. Livres dos limites da superfície, os displays volumétricos ocupam, de fato, um espaço tridimensional.

Numa imagem planar, ainda que tridimensional, o objeto é mostrado sempre a partir do mesmo ponto de vista, não importa a posição do observador ou seu ângulo de visão em relação à tela. Num display volumétrico, ao contrário, se o observador mudar de posição, poderá ver o objeto de diversos ângulos. Embora esta propriedade também ocorra em imagens holográficas, a holografia não é considerada uma forma de display volumétrico, pois está confinada numa superfície plana.

Entre os displays volumétricos em desenvolvimento, o do tipo *varredura de superfície* ou *varredura de volume* é o que mais se aproxima daqueles imaginados nos filmes de ficção científica.



Kristen Brennan: Forbidden Planet. Star Wars Origins / Metro-Goldwyn-Mayer Studios



Lucasfilm Ltd. Production: Twentieth Century Fox

Figura 112. Displays volumétricos no cinema. Esq.: Planeta Proibido (*Forbidden Planet*, Fred M. Wilcox, 1956); Dir.: *Star Wars: Episódio IV - Uma Nova Esperança* (*Star Wars: Episode IV - A New Hope*, George Lucas, 1977).

O display de **varredura de superfície** usa o princípio da persistência da visão (v. capítulo 3.1) para fundir uma série de fatias de um objeto tridimensional numa única imagem 3D. A cena é decomposta, por meio de um computador, em fatias, que podem ser retangulares, circulares ou helicoidais. Estas fatias (bidimensionais) são projetadas em superfícies que permanecem em movimento constante, geralmente giratório. Estas imagens 2D mudam constantemente, sincronizadas com a superfície de projeção que gira a uma velocidade de 720 a 900 rpm (alguém se lembrou da televisão mecânica?). A superfície pode ser refletiva, transmissiva ou uma combinação de ambas.

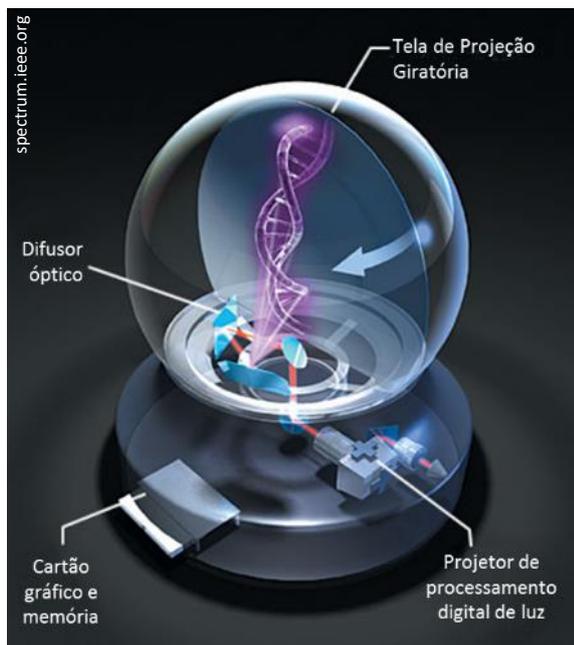


Figura 113. Descrição de um display volumétrico de varredura de superfície (esq.) e exemplar produzida pela Actuality Systems.

Uma tecnologia que não utiliza partes móveis é chamada de display de **volume estático**. Um volume de espaço endereçável é criado por elementos que são transparentes quando desligados, mas que, quando ligados, ficam opacos ou luminosos. Quando os elementos (chamados **voxels**, numa analogia volumétrica de pixels) são ativados, mostram um padrão sólido no espaço do display. Alguns tipos usam laser para estimular uma radiação visível em um sólido, líquido ou gás.

Pesquisas recentes têm se concentrado em implementações não tangíveis (espaço aberto), que poderiam resultar numa interação direta com o display. Por exemplo, um display de neblina com múltiplos projetores para criar uma imagem tridimensional em um espaço qualquer. Uma técnica apresentada em 2006 usou um foco de laser infravermelho pulsado (100 pulsos de 1 nanossegundo por segundo) para criar bolas brilhantes de plasma no ponto focal no ar normal (Figura 114). O ponto focal é direcionado por dois espelhos móveis e uma lente deslizante, que permitem desenhar formas no ar.

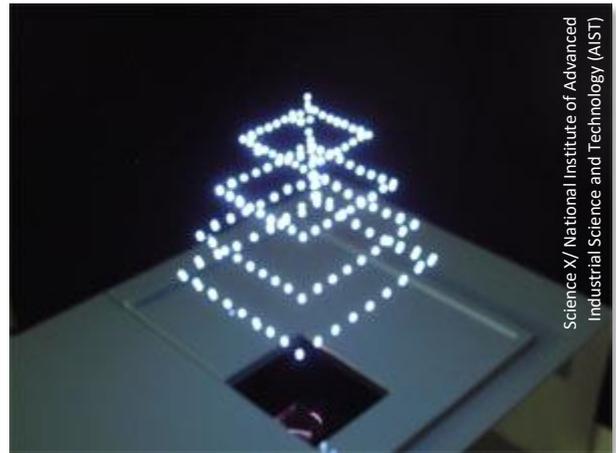


Figura 114. Display volumétrico de laser pulsado de 1 m<sup>3</sup>.

Apesar de terem sido postulados pela primeira vez em 1912, os displays volumétricos ainda estão em desenvolvimento e não estão disponíveis ao público. Atualmente os displays volumétricos estão acessíveis apenas nos meios acadêmicos, laboratórios de pesquisa, grandes empresas e para uso médico e militar.

## 7. NO BRASIL

Sempre que se pensa em pioneirismo da televisão no Brasil, o primeiro nome que surge é o do paraibano Assis Chateaubriand (1892–1968). Muito justo, pois Chatô fundou a TV Tupi de São Paulo, a primeira emissora do país, em 1950. Mas não seria tão justo com o mineiro **Olavo Bastos Freire** (1915–2005), que, dois anos antes, fizera a primeira transmissão de televisão da América Latina.

Nascido em Leopoldina, Bastos Freire mudou-se para Juiz de Fora, Minas Gerais, aos vinte anos, onde trabalhou como engarrafador de bebidas e auxiliar de engenheiro no departamento de obras da cidade. Sem ter frequentado curso técnico formal, estudou eletrônica como autodidata e empregou-se como técnico numa loja de aparelhos de rádio, a Casa do Rádio, em 1938, até montar sua própria oficina, em 1940. Seu interesse pelo assunto começara dois anos antes, ao tomar conhecimento das transmissões de televisão da BBC, em Londres. Como técnico, Freire teve acesso a revistas especializadas americanas, que decifrava com a ajuda de um dicionário, já que não dominava o inglês.

Não se sabe se Bastos Freire tomou conhecimento de uma exibição de televisão promovida por uma empresa alemã na Feira Internacional de Amostras do Rio de Janeiro, em 1939. Foi a primeira do tipo no Brasil, mas foi apenas para demonstração e em circuito fechado. Logo depois, a Guerra interrompeu as transmissões de televisão na Europa e Estados Unidos, dificultando a importação de peças e textos técnicos, mas, em 1946, com a ajuda do amigo Eduardo Ferreira Rocha, Freire obteve os primeiros componentes eletrônicos. Rocha, que também era técnico e tentava montar seu próprio sistema de televisão, trabalhava na Panair, no Rio de Janeiro, e viajava com frequência aos Estados Unidos, trazendo peças para montagem de um sistema completo de televisão. Cabe esclarecer que ambos dependiam de recursos próprios, pois não tinham apoio governamental, nem de empresas ou universidades. Por isso, precisavam importar componentes avulsos, pois os equipamentos prontos eram muito caros.

Uma matéria de 1946 da revista carioca *Antenna — Rádio Para Todos* chamava Rocha de “pioneiro da televisão no Brasil”, e mostrava uma foto de câmera de TV com monitor, modulador, transmissor, receptor com tubo de raios catódicos e uma fonte de alimentação. Segundo reportagem de 1978 do jornal *Hoje/Leia*, de Juiz de Fora, Eduardo Rocha construiu a primeira câmera de TV, “mas não chegou a fazer demonstração prática, coisa que Olavo fez, obtendo, em dezembro de 1946, a primeira imagem de TV no monitor da câmera que construiu<sup>36</sup>”.

A câmera a que se refere o jornal juiz-forano foi construída por Bastos Freire a partir de um iconoscópio RCA 1847 (v. capítulo 6.3 e Figura 54), a primeira peça trazida por Eduardo Rocha, em 1946. No ano seguinte, construiu o receptor com tela de três polegadas (menor que a tela de um iPhone) e o transmissor (Figura 115). Em agosto, transmitiu pela primeira vez uma imagem de TV em circuito fechado, e, no fim do mesmo ano, em circuito aberto, transmitiu de sua oficina até a casa de um vizinho, do outro lado da rua. Nas palavras do próprio Freire, em entrevista a Nilo de Araújo Campos e Hilda Rezende Paula, em 2001:

<sup>36</sup> BEGHINI, Ricardo. *A pré-história da TV no Brasil*. Artigo para o 9º Encontro Nacional de História da Mídia – UFOP – Ouro Preto, MG. 30 mai. a 1º jun. 2013. Disponível em: <<http://www.ufqs.br/alcar/encontros-nacionais-1/9o-encontro-2013/artigos/qt-historia-da-midia-audiovisual-e-visual/a-pre-historia-da-tv-no-brasil>>. Acesso em: fev. 2014.

Eu coloquei um receptor lá no fundo do quintal dele e o transmissor ficou ali. A câmera ficou na janela da minha oficina no 373 e eu focalizando o bonde passando ali, o pessoal passando na Rua Marechal... e ele foi ver a imagem lá no fundo, né? Foi a primeira transmissão que eu fiz de televisão em circuito aberto. [...] Até chamei o Ademar [*o vizinho*] lá, ele viu, ele foi o primeiro a ver a transmissão à distância, uma distância pequena, 10 metros, 20 metros, até o fundo do quintal. [...] Depois eu comecei a fazer experiências em distâncias cada vez maiores<sup>37</sup>.



Ricardo Beghini/Funalfa

Figura 115. Equipamentos do pioneiro Bastos Freire. Esq.: câmera com iconoscópio RCA 1847 (120 linhas e 30 quadros por segundo), depois modificado para RCA 5527 (262 linhas e 60 quadros por segundo). Centro: receptor de TV com tela verde de três polegadas. Dir.: transmissor com antena de longa distância.

Em **28 de setembro de 1948**, Bastos Freire fez a primeira demonstração pública, oficial, de uma transmissão de televisão eletrônica no Brasil, diante do prefeito Dilermando Cruz e outras autoridades e convidados, “entre o Clube Juiz de Fora, onde fora instalada a estação transmissora, e a Casa do Rádio, na Av. Getúlio Vargas, local em que ficou o aparelho receptor<sup>38</sup>”. O historiador José Luiz Stehling registrou a façanha num artigo do jornal Diário Mercantil, de 1961:

Com o salão do Clube cheio de convidados, foi dado início à demonstração. Foram televisionados os presentes, mas o Sr. General Onofre ainda não se convencera da realidade. Ao ser televisionada a Av. Rio Branco, pelo telefone, fez a seguinte pergunta para os assistentes da Casa do Rádio: — “O que vocês estão vendo?” Resposta: — “Um bonde parado no ponto!” — “Qual o nome que está na tabuleta?” Resposta: “Tapera...” Muito bem, disse ele, mas vamos ver o receptor. Depois de ver no cinescópio as imagens, S. Exa. convenceu-se de que não fora ludibriado<sup>39, 40</sup>.

Coincidentemente, no mesmo dia, a Rádio Nacional, do Rio de Janeiro, fez uma transmissão experimental da sua programação normal. Segundo o diretor da rádio, Calmon Costa, a Rádio Nacional desejava “apenas satisfazer a curiosidade popular, sem a pretensão de tomar a dianteira nessa iniciativa, cuja realização importa o emprego de capitais vultosos, além de técnica especializada bastante complexa”. De qualquer forma, a transmissão da rádio carioca teria ocorrido às 21 horas, e a de Bastos Freire, às 10 horas

<sup>37</sup> LINS, Flávio. 1948: *O pioneirismo da televisão em Juiz de Fora*. Revista Brasileira de História da Mídia (RBHM) - v.1, n.2, jul.2012 / dez.2012. Disponível em: <<http://www.unicentro.br/rbhm/ed02/dossie/04.pdf>>. Acesso em: Fev. 2014.

<sup>38</sup> Diário da Tarde, 28 de setembro de 1948, p.1 apud LINS, Flávio

<sup>39</sup> LINS, Flávio, op. cit.

<sup>40</sup> STEHLING, 1961, p.2 apud LINS, Flávio

da manhã, garantindo, portanto, sua primazia por questão de horas. Freire foi também o responsável pela primeira transmissão de um jogo de futebol pela televisão no Brasil. Foi uma partida entre Tupi e Bangu, do Rio de Janeiro, em maio de 1950, fato registrado pelo Repórter Esso, da Rádio Nacional (o time da casa venceu por 3 a 2), quatro meses antes da inauguração “oficial” da televisão no Brasil. O pioneirismo de Olavo Bastos Freire está amplamente documentado, mas é praticamente ignorado pela maioria das fontes históricas. Pesa o fato de que Freire limitou-se a transmissões esporádicas, sem uma programação fixa. Chateaubriand, por outro lado, tinha todo o império dos Diários Associados à disposição.

Francisco de **Assis Chateaubriand** Bandeira de Mello, nascido em Umbuzeiro, foi advogado, professor de Direito, escritor, jornalista, político e um dos homens mais influentes do Brasil em meados do século XX. Como empresário, foi dono dos Diários Associados, o maior conglomerado de mídia da América Latina em seu tempo, e que, apesar de entrar em decadência pouco antes de sua morte, é, ainda hoje, o terceiro maior grupo de mídia do Brasil. Como mecenas, fundou o Museu de Arte de São Paulo, usando métodos pouco ortodoxos para conseguir financiamento e “doações” de obras de arte de empresários brasileiros.

Em 1944, durante sua primeira viagem aos Estados Unidos, Chateaubriand conheceu David Sarnoff, o diretor da RCA Victor e fundador da *National Broadcasting Company* — NBC — a primeira rede nacional de rádio e televisão dos EUA (já falamos dele nos capítulos 6.3 e 6.4.1). Semanas depois, numa tentativa de convencer empresas como Antártica, Sul América e Moinho Santista a financiar sua empreitada, descreveu o que viu:

Estou boquiaberto com o que me foi mostrado em Nova York [...]: a televisão, a oitava maravilha do mundo. Num estúdio fechado, um conjunto de câmara tocava um trecho de *La Bohème*, de Puccini. A cinquenta metros dali, em outra sala, através de um aparelho, eu pude ver e ouvir com perfeição a execução da ópera. Eu os reuni aqui para comunicar que, terminada a guerra, vou importar aquela tecnologia e instalar uma estação de televisão no Brasil. Queria que suas indústrias fossem se preparando, porque vocês vão ser os privilegiados que dividirão comigo as glórias de trazer esse invento revolucionário para cá<sup>41</sup>.

Em 1949, Chateaubriand fechou contrato com a RCA Victor para a compra de trinta toneladas em equipamentos e pagou a primeira parcela de um total de cinco milhões de dólares. De Nova York, Sarnoff convidou Chateaubriand para uma visita à fábrica da RCA em Burbank, na Califórnia, onde uma “surpresa especial” o aguardava. Lá, num pequeno auditório, após algum suspense, Sarnoff ligou um grande monitor de TV que apresentava um show de jazz. Detalhe: em cores!

“O que é isso, senhor Sarnoff? Que bruxaria é essa?” Sarnoff explicou-lhe que a transmissão em cores era uma experiência e vinha sendo desenvolvida pela empresa havia algum tempo. Segundo o biógrafo Fernando Moraes, a reação de Chateaubriand foi abrir a pasta com as cópias do contrato e picá-los em pedacinhos, enquanto gritava, num inglês com sotaque paraibano: “Não pense que só porque eu venho de um país atrasado o senhor vai me vender equipamento obsoleto, senhor Sarnoff! Só aceito fazer negócio com a Victor se levar transmissores de televisão em cores para o Brasil.”

Antes de mandar datilografar os contratos novamente, o americano teve que explicar que, mesmo nos Estados Unidos, as pesquisas com transmissão em cores estavam no início e que demoraria até que pudessem oferecê-la ao público (o que só viria a acontecer regularmente na década de 1960).

A primeira opção de Chateaubriand para a implantação da televisão era o Rio de Janeiro, então capital federal. Uma torre chegou a ser instalada no morro do Pão de Açúcar, mas técnicos americanos concluíram que, devido à topografia da cidade, aquele não era o local ideal para os transmissores e

<sup>41</sup> Esta e demais citações textuais e referências a Chateaubriand e à fundação da TV Tupi: MORAIS, Fernando. *Chatô: O Rei do Brasil, a Vida de Assis Chateaubriand*. São Paulo: Companhia das Letras, 1994. p. 440, 496-505.

decidiram transferi-la para o morro do Sumaré. Este contratempo levou Chateaubriand a optar por São Paulo.



Arquivo Estado



Autor desconhecido/ Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo

Figura 116. Esq.: anúncio no Jornal O Estado de São Paulo na véspera da estreia; dir.: público em bar assiste à estreia da TV Tupi.

A pré-estreia ocorreu em 5 de julho de 1950. Em circuito fechado, foi transmitida a cerimônia de inauguração formal do MASP e da sede dos Diários Associados, na Rua Sete de Abril, que contou com a presença do presidente Eurico Dutra, vários artistas de rádio, políticos, empresários e do milionário americano Nelson Rockefeller. Um monitor no saguão do prédio e outro ao ar livre, numa esquina próxima, exibiram a apresentação do frade-cantor mexicano José Mojica, famoso na época.



Autor desconhecido. São Paulo Skyline/ Museu Banespa

Figura 117. Antena da TV Tupi (detalhe) no Edifício Altino Arantes, c. 1950.

A um mês da inauguração oficial, o engenheiro americano Walter Obermiller, que tinha vindo a São Paulo para supervisionar a operação, perguntou aos diretores técnico e artístico da Tupi “quantos milhares de receptores haviam sido vendidos pelo comércio”. “Nenhum”, foi a resposta, para espanto do engenheiro. Aparentemente, ninguém havia pensado nisso. Com toda a burocracia do processo de importação, a liberação dos equipamentos levaria pelo menos dois meses. Mas isso não era problema para Chateaubriand, que mandou trazer duzentos aparelhos — de contrabando. Metade foi posta à venda nas lojas, e o resto distribuído a amigos e empresários que financiaram o projeto.

Os estúdios e a antena de transmissão foram construídos no Alto do Sumaré, num terreno que servia de campo de peteca dos funcionários e atores da Rádio Difusora, detentora, desde 1946, da concessão do canal 3 de VHF (na década de 1960 passaria ao canal 4). Para a estreia, foi instalada uma antena no alto do edifício

Altino Arantes, no Centro, então o prédio mais alto da cidade, além da antena do próprio prédio do Sumaré. Foram instalados receptores nas vitrines de 17 lojas, em quatro bares e no saguão do prédio da Sete de Abril. No estúdio, horas antes, houve uma pequena cerimônia, com discursos de Chateaubriand e de David Sarnoff, declamação de poema e uma bênção do bispo-auxiliar da cidade. Depois, Chatô partiria para o restaurante do Jockey Club, onde duzentos convidados e um monitor de TV o aguardavam para a primeira transmissão.

Artistas e técnicos haviam ensaiado exaustivamente o programa de estreia no estúdio com marcação para três câmeras. Momentos antes da transmissão, prevista para as 19 horas, descobre-se que uma das câmeras não estava funcionando (não, não é verdade que Chateaubriand quebrou uma garrafa de champanhe na câmera). Pior: as câmeras eram programadas para funcionar em conjunto; se uma parasse, as outras não funcionariam. Obermiller, o supervisor americano, decidiu cancelar a estreia, no que foi prontamente ignorado pelos brasileiros. “Pessoal! Esqueçam tudo o que foi ensaiado nos últimos meses. Não vale mais nada daquilo. Vocês vão fazendo o que eu for mandando e o programa vai para o ar agora”, ordenou Cassiano Gabus Mendes (1929–93), assistente do diretor artístico Dermival Costa Lima, que reforçou: “O programa vai para o ar com duas câmeras, com uma câmera ou sem câmera nenhuma. A partir deste momento a responsabilidade por tudo o que acontecer aqui é minha e do Cassiano”. Obermiller rebelou-se:

O que vocês estão fazendo seria inadmissível nos Estados Unidos. Nenhum câmera, nenhum diretor de TV, ninguém assumiria a responsabilidade de colocar no ar uma estação nessas condições. Eu não tenho mais nada a ver com o que acontecer aqui. Se vocês querem colocar a estação no ar, façam-no por sua conta e risco. Eu vou para o meu hotel, onde há um receptor. Vou assistir à tragédia de camarote.

Depois de uma corrida contra o tempo e muita improvisação, uma menina vestida de indiazinha é o primeiro rosto a aparecer na tela, dizendo: “Está no ar a TV no Brasil”. Em seguida, a atriz Yara Lins (1929–2004), depois de enumerar todos os prefixos das rádios Associadas, declara: “Senhoras e Senhores telespectadores, boa-noite. A **PRF 3 TV** — Emissora Associada de São Paulo orgulhosamente apresenta, neste momento, o primeiro programa de televisão da América Latina” (no início a TV Tupi era chamada apenas de *PRF 3*, hábito trazido do rádio, ou *Canal 3*). Era **18 de setembro de 1950**. Durante duas horas, e com apenas duas câmeras, o programa de estreia, apresentado por Homero Silva, mostrou números musicais, sem sobressaltos e tecnicamente perfeito. Obermiller teve que reconhecer “a genialidade desses brasileiros malucos”. Na mesma noite, após a estreia, retornou ao Sumaré e comentou com Gabus Mendes: “Quando vocês forem escrever a história da televisão no Brasil, vão ter que dizer que, no dia da estreia, certamente havia mais gente atrás das câmeras do que diante dos receptores”. Em grave crise financeira, a TV Tupi encerrou suas atividades em São Paulo, Rio de Janeiro e mais cinco cidades em 1980. Atualmente, os Associados mantêm nove emissoras de TV, outras nove de rádio, oito jornais e duas revistas.

A estreia da TV Tupi ocorrera apenas dois meses após as finais da primeira Copa do Mundo de futebol realizada no Brasil. Parece estranho que Chateaubriand, determinado como era, não tenha se empenhado em antecipar a estreia para coincidir com a Copa. Mas é preciso contextualizar no tempo. As Copas do Mundo, na época, estavam longe de ter a importância que têm hoje. A Copa no Brasil foi apenas a quarta realizada e a primeira após o interregno da Segunda Guerra. Além disso, a estrutura necessária para transmitir fora do estúdio era muito complexa para quem não tinha nenhuma experiência com televisão.

O início da televisão brasileira foi bem diferente do que ocorreu nos Estados Unidos, diferenças que podem ser percebidas ainda hoje. A televisão americana foi baseada na indústria do cinema. Boa parte da programação era de filmes e séries produzidos por estúdios independentes, fora o enorme acervo de

filmes de Hollywood. Praticamente só noticiários e programas de jogos com auditório eram produzidos pelas próprias emissoras. No Brasil, a produção cinematográfica era pequena e a televisão surgiu como herdeira do rádio e do teatro. Por isso a necessidade de produzir seus próprios programas<sup>42</sup>. Até os comerciais eram apresentados ao vivo, com garotas-propaganda ou simples slides de cartolina, enquanto que, nos EUA, os comerciais eram produzidos em filmes feitos para a televisão. O retorno financeiro de produções mais caras era duvidoso, pois poucas famílias podiam comprar um televisor, o que justificava o pequeno investimento dos anunciantes.



Figura 118. Técnicos ensaiam as marcações de câmera em estúdio da TV Tupi em 1950.

Em janeiro de 1951 vai ao ar a TV Tupi do Rio de Janeiro. Em 27 de setembro de 1953, o advogado e empresário paulista Paulo Machado de Carvalho (1901–92) inaugura a **TV Record** de São Paulo, a mais antiga emissora em atividade no Brasil. Em 1956, a Tupi transmite para São Paulo um jogo entre Brasil e Itália, no Maracanã, por meio de um *link*, o primeiro entre duas cidades brasileiras, com antenas de tela de galinheiro no trajeto entre as duas cidades.

Em 1960, a TV Tupi de São Paulo decide transmitir a inauguração de Brasília, ao vivo, para a capital paulista. Na época, ainda não existiam satélites de comunicação e os sinais das antenas alcançavam apenas algumas centenas de quilômetros. Transmissões de longa distância dependiam de links com torres repetidoras, que não existiam numa região remota como a da nova capital. A emissora coloca, então, três aviões voando em círculos ao longo da rota São Paulo–Brasília. O sinal gerado em Brasília era retransmitido de um avião para outro, até chegar a São Paulo.

No mesmo ano, o humorista Chico Anysio (1931–2012), da extinta TV Rio, foi o primeiro a exibir regularmente um programa gravado em *video-tape*. No ano anterior, Luís Carlos Miele (1938–2015) já havia exibido um programa neste meio na também extinta TV Continental. O video-tape foi o avanço tecnológico mais importante da televisão brasileira até hoje. Não foi uma evolução meramente estética, como a TV em cores ou de alta definição. Tampouco se compara com a interatividade da televisão digital, que, a rigor, ainda não causou a revolução prometida. Foi uma revolução cultural.

O video-tape encerrou a era romântica da televisão, marcada pela improvisação da TV ao vivo, com muita criatividade e pouca técnica. O telespectador tornou-se mais exigente com a qualidade dos programas, pois o erro agora era imperdoável. Mas a vida dos que faziam televisão ficou mais fácil. Conforme observou Cassiano Gabus Mendes, “foi um bálsamo para nós. Você não tinha que improvisar mais. Errou, fazia de novo. A qualidade da coisa no ar foi melhorando”. Mas o maior impacto foi cultural. Programas produzidos no eixo Rio–São Paulo eram gravados e enviados para todo país, permitindo que os rincões mais remotos, que não tinham condições de produzir seus próprios programas, tivessem acesso à televisão e à informação do que se passava no resto do país. O maior alcance da televisão aumentou o interesse das empresas em patrocinar programas, aumentando as verbas publicitárias e acirrando a concorrência entre as emissoras. Mas também teve seu lado negativo. Juntamente com as transmissões via satélite, matou boa parte das produções regionais, pois era mais barato comprar um programa pronto do que produzi-lo. A revista *Veja*, em artigo de 1968, demonstra esta preocupação dando o exemplo do

<sup>42</sup> OLIVEIRA Sobrinho, José Bonifácio de. *O Livro do Boni*. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2011. p. 174, 309-311.

palhaço Marreta, que perdeu seu programa na TV Difusora, de São Luís do Maranhão, para o de Blota Júnior (1920–99), gravado em São Paulo. Marreta passou a trabalhar como motorista. Um projeto de lei do mesmo ano obrigava as emissoras a apresentarem sete horas de programação ao vivo por dia.

Em 26 de abril de 1965, o empresário e jornalista carioca Roberto Marinho (1904–2003), então com 60 anos de idade, inaugura a **TV Globo** do Rio de Janeiro, que, em poucos anos se tornaria a maior rede de televisão do país. Estima-se que atualmente a emissora alcance 99,5% dos lares brasileiros e, em 2012, tornou-se a segunda maior emissora de TV do mundo em renda comercial, atrás apenas da americana ABC (*American Broadcasting Company*).

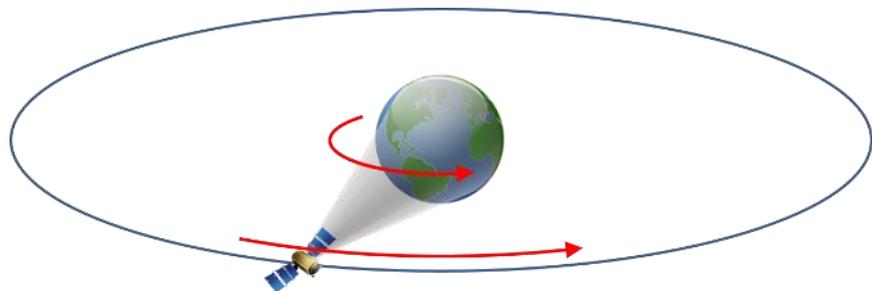
Em 1969 a então estatal Embratel inaugura torres de rastreamento de **satélites** em Tanguá, então distrito do município de Itaboraí, no estado do Rio de Janeiro. A prioridade era a telefonia, mas parte do tempo seria compartilhado com a televisão. Foi o início da primeira revolução das telecomunicações no Brasil (a segunda seria a privatização das teles, nos anos 1990). Segundo matéria da revista *Veja*, de 1969, “o satélite de comunicações chega para encontrar um país onde um brasileiro de Pelotas, RS, ao ligar para uma pessoa em Florianópolis, SC, terá que chamar a telefonista em sua cidade, que chamará a do Rio, que chamará a de São Paulo, que chamará a de Curitiba, que chamará a de Florianópolis que chamará a pessoa”.

A primeira transmissão via satélite para o Brasil, amplamente anunciada, seria da missão espacial Apollo 9, da agência americana NASA. Porém, devido ao adiamento da missão por problemas técnicos, a primeira transmissão acabou sendo

uma entrevista, em português, do Papa Paulo VI, em 28 de fevereiro de 1969. No início, o minuto de transmissão era tão caro que a entrevista do papa, por exemplo, não encontrou anunciante disposto a pagar a cota de 750 mil cruzeiros novos (algo entre 1 e 4 milhões de reais hoje, dependendo do índice de correção adotado). Em julho do mesmo ano, um *pool* entre Globo e Tupi exibiria, ao vivo, a chegada do homem à Lua. Em setembro, graças às transmissões via satélite e links de micro-ondas, estreava o *Jornal Nacional*, da Rede Globo, o primeiro telejornal brasileiro exibido em rede nacional.

O primeiro satélite utilizado pelo Brasil fazia parte de um consórcio de 63 países, o *Intelsat*, do qual os Estados Unidos detinham uma participação de 53% e a Europa, 25%. O Brasil possuía apenas 1,5% das ações. Como só um canal podia ser transmitido por vez, havia uma disputa acirrada pelo direito de uso. Por exemplo, a Federação Internacional de Futebol — FIFA — havia vendido os direitos de transmissão da Copa de 1970 a uma empresa inglesa. Caso um jogo do Brasil acontecesse no mesmo horário que um da seleção inglesa ou de outro país europeu, os europeus teriam a preferência no uso do satélite. Somente em março de 1985, o Brasil lançaria seu próprio satélite, o *Brasilsat*, permitindo acesso 24 horas às redes nacionais.

Em 1970, a Copa do Mundo do México foi gerada **em cores**, mas, no Brasil, o novo sistema ainda não havia sido implantado. Pela primeira vez, os brasileiros assistiam a uma Copa do Mundo pela televisão, via satélite, mas em preto e branco. A TV Globo chegou a receber um sinal experimental em cores do Mundial. De fato, tanto a Globo quanto a Tupi estavam equipadas para transmitir em cores desde 1970, mas apenas programas gerados por terceiros, pois ainda não haviam adquirido as câmeras em cores. Os



*Figura 119. Satélite geoestacionário, como o Intelsat III. A 36.000 km de altura, o satélite percorre uma órbita com a mesma velocidade angular da Terra (uma volta a cada 24 horas), permanecendo aparentemente sobre o mesmo ponto acima do planeta.*

fabricantes também estavam em condições de produzir os receptores, mas, por meio de um “acordo de cavalheiros”, decidiram não iniciar a produção antes do primeiro semestre de 1972. Eles temiam que a oferta antecipada de aparelhos em cores fosse prejudicar a venda dos receptores em preto e branco, pois, ainda que não tivesse dinheiro, o consumidor iria preferir adiar os planos de compra de um aparelho em cores em vez de comprar um equipamento que logo ficaria obsoleto.

Em fevereiro de 1972, um pool de emissoras lideradas pela TV Difusora de Porto Alegre exibe, ao vivo, a Festa da Uva de Caxias do Sul, a primeira transmissão em cores no Brasil. Inicialmente, a ideia era transmitir o Carnaval do Rio de Janeiro, mas, até então, só a emissora gaúcha tinha condições de realizar uma externa em cores. A inauguração oficial ocorreria em 31 de março, data cara ao governo militar, com a exibição do especial *Meu Primeiro Baile*, na Globo, e um programa musical, na Tupi. No primeiro dia, a qualidade da imagem oscilava entre a perfeita nitidez e problemas com as cores, às vezes borradas, às vezes pálidas, às vezes distorcidas.

Se, na inauguração da televisão, os brasileiros contavam com apenas 200 televisores contrabandeados por Chateaubriand, às vésperas da estreia das cores, 5 mil aparelhos compatíveis já haviam sido fabricados no país. O televisor de mesa mais barato era vendido por 7 mil cruzeiros (R\$ 6.000 hoje, pelo IPC-FIPE). A transição total para as transmissões em cores foi muito lenta. Ao final do primeiro ano, apenas a Rede Bandeirantes produzia toda sua programação em cores. O principal motivo era o custo de produção, cerca de 30% maior do que em preto e branco, o que afastava grande parte dos anunciantes. Por isso, nos primeiros anos, boa parte da programação era baseada em seriados americanos já velhos na época, como *Bonanza*, *A Família Dó-Re-Mi* e *Havai 5-0*. A transição total foi concluída somente no final da década.

O sistema de cores NTSC americano já era considerado ultrapassado em relação aos europeus PAL e SECAM, que, portanto, seriam as opções mais naturais para o Brasil (v. mais detalhes no capítulo 6.4.1.1). Porém, os televisores em preto e branco brasileiros recebiam imagens em 525 linhas, o chamado padrão M, enquanto os europeus funcionavam em 625 linhas. Quando as emissoras encerrassem as transmissões em preto e branco, estes receptores se tornariam inúteis, caso a opção do governo brasileiro fosse por um dos sistemas europeus. Os alemães, prevendo o enorme mercado potencial do Brasil, desenvolveram, em parceria com engenheiros militares brasileiros, um sistema PAL que funcionava no padrão M, o **PAL-M**, único no mundo. O governo militar viu aí a oportunidade de criar uma reserva de mercado para os fabricantes de televisores brasileiros, pois os aparelhos importados não funcionariam aqui (e vice-versa).

Segundo J. B. de Oliveira Sobrinho<sup>43</sup>, o Boni (1935), executivo da Globo por trinta anos, o governo praticamente impôs o sistema PAL-M à iniciativa privada e pressionava para que a data de 31 de março fosse cumprida. “Em uma reunião em Brasília, da qual fiz parte, fomos ameaçados de cassação do canal caso não cumpríssemos os prazos estabelecidos pelo Ministério das Comunicações para inauguração ou não cumpríssemos uma cota mínima obrigatória de produção em cores para todas as emissoras.”

Em 1975, o apresentador, empresário e ex-camelô Silvio Santos (1930) adquire 50% da TV Record e consegue a concessão de um canal no Rio de Janeiro. No ano seguinte, adquire em leilão vários equipamentos, como transmissores e antena, da massa falida da TV Continental. Com isso, em poucos meses consegue inaugurar a TVS Rio, que passaria a operar em conjunto com a Record de São Paulo e mais algumas emissoras independentes. Em 1981, ao adquirir a concessão de três canais que pertenciam à extinta Tupi, Santos cria sua própria rede, o Sistema Brasileiro de Televisão — SBT.

Nos anos 50, a televisão passava por uma grande expansão territorial nos Estados Unidos, com sinal UHF passando de cidade em cidade. Porém, ao chegar na região das Montanhas Rochosas, o relevo e a

<sup>43</sup> OLIVEIRA Sobrinho, José Bonifácio de. *O Livro do Boni*. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2011. p. 174, 309-311

distância entre as cidades dificultavam as transmissões. Por isso, foi instalado um sistema de cabos interligando as emissoras da região. Nos anos seguintes, a conexão por cabos permaneceu apenas como meio de transmissão entre emissoras, até que, nos anos 1970, foi oferecida, mediante pagamento mensal, a espectadores que queriam melhorar a qualidade do sinal nas grandes cidades, cuja transmissão por antena era prejudicada pelos grandes edifícios. Era a **TV por assinatura**.

No Brasil, a TV por assinatura chegou em 1990. O *Canal+* oferecia cinco canais transmitidos em microondas pelo sistema MMDS (Serviço de Distribuição Multiponto Multicanal, em inglês). Pouco depois, o Grupo Abril adquire o Canal+ e, em 1991, cria a TVA, com cinco canais, entre eles a *CNN*, a *ESPN* e a *MTV Brasil*. Em 1992, surge a NET, a primeira operadora de **TV a cabo** do Brasil, inicialmente nos bairros de Ipanema e Leblon, no Rio de Janeiro e, pouco depois, em Interlagos e Jardim Paulista, em São Paulo.

Em junho de 1998, a Globo transmite a partida inaugural da Copa da França, entre Brasil e Escócia. É a primeira transmissão intercontinental ao vivo em **alta definição** no mundo<sup>44</sup>. Em 2003, o governo brasileiro opta pela adoção do Sistema Brasileiro de Televisão Digital (SBTVD), baseado no sistema japonês ISDB-T (v. capítulo 6.5). Em 2 de dezembro de 2007, em São Paulo, estreia a **TV Digital** brasileira, transmitida por Globo, SBT, Record, Bandeirantes e Rede TV!. De acordo com os planos do Ministério das Comunicações, o encerramento das transmissões analógicas no Brasil deverá ocorrer em 2020. Depois disso, os canais analógicos serão devolvidos à União e parte do espectro de VHF poderá ser utilizado para outros fins, como telefonia celular 4G.

Em maio de 2010, a *Rede TV!* é a primeira televisão aberta a realizar **transmissões terrestres em 3D**.

No Carnaval de 2013, a Globo e a emissora japonesa NHK realizaram a primeira captação de imagens em **ultra HDTV 8K**. Para o teste, a NHK trouxe 6 toneladas em equipamentos, incluindo duas câmeras, instaladas no Sambódromo do Rio. A Globo exibiu as imagens em feiras e a TV japonesa as incluiu num programa sobre UHDTV.

Hoje, a televisão atinge quase todos<sup>45</sup> os domicílios brasileiros (Figura 120) e a TV por assinatura chega a quase um terço dos lares brasileiros<sup>46</sup> (Figura 121). Note-se, nesta última, uma queda no número de assinantes a partir de 2014. Esta queda se deve, em parte, à crise econômica no país, mas, também, à tendência da migração do acesso à TV para outras plataformas além do televisor tradicional, como tablets e smartphones.

Em 2016, o Brasil contava 545 emissoras de TV e 13.630 retransmissoras<sup>47</sup>. No mesmo ano, dos 97,3% dos lares com TV, 66,8% já possuíam TV com tela fina e 46,2% ainda possuíam aparelhos de tubo<sup>48</sup> (13% dos domicílios possuíam ambos). Nesse ano, o sinal de TV digital aberta estava presente em 57,3% dos lares com aparelhos em condições de receber este tipo de sinal. Mesmo no caso daqueles que possuíam apenas TVs de tubo, boa parte poderia receber sinal digital por meio de conversor, antena parabólica ou televisão por assinatura (Figura 122).

<sup>44</sup> PRIMEIRA transmissão ao vivo em HDTV. *Memória Globo*. Disponível em:

<<http://memoriaglobo.globo.com/institucional/cronologia/1998/primeira-transmissao-ao-vivo-em-hdtv.htm>>. Acesso em: fev. 2014.

<sup>45</sup> PESQUISA Nacional por Amostragem de Domicílios Contínua – PNAD Contínua: Acesso à Internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal 2016, pp. 1 a 4. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2018.

<sup>46</sup> Dados combinados de BRASIL em Números 2013 – Vol. 21, p. 308. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE, 2013 e BRASIL em Números 2017 - Vol. 25, pp. 369 a 372 e Tabela 17.4 p. 377. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2017.

<sup>47</sup> BRASIL em Números 2017 - Vol. 25, pp. 369 a 372 e Tabela 17.4 p. 377. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2017.

<sup>48</sup> Este e demais dados do parágrafo: PESQUISA Nacional por Amostragem de Domicílios Contínua – PNAD Contínua: Acesso à Internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal 2016, pp. 1 a 4. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, 2018.

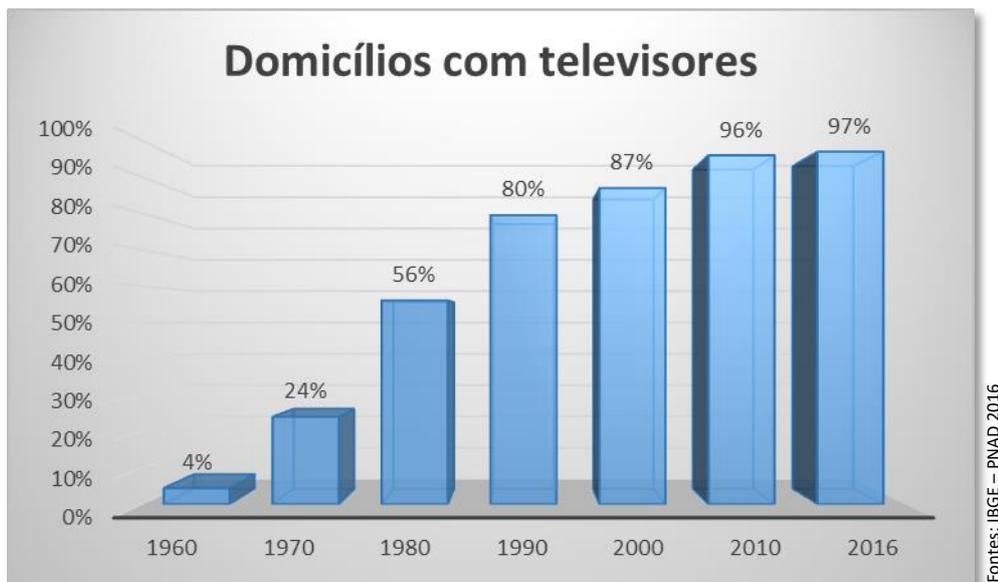


Figura 120. Alcance da televisão nos lares brasileiros.

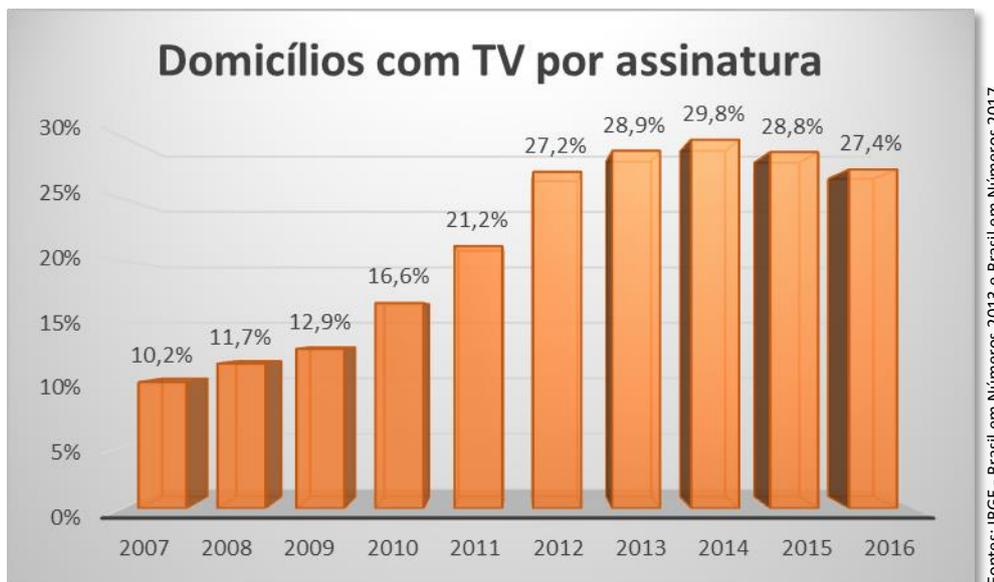


Figura 121. Lares brasileiros com TV por assinatura.

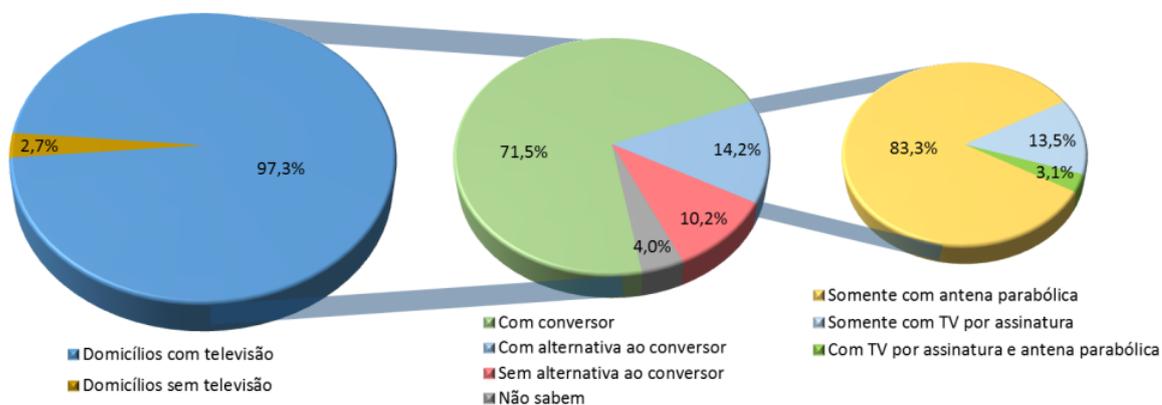


Figura 122. Presença da televisão nos lares brasileiros no final de 2016 (fonte: IBGE: PNAD Contínua 2016).



O foco principal deste texto sempre foi CFTV digital. Mas até agora o principal assunto foi a televisão aberta. Por quê? Porque, com raras exceções, quase todos os avanços tecnológicos utilizados hoje em CFTV surgiram para atender às necessidades da TV aberta, voltada ao entretenimento, que tem uma participação no mercado muito maior e, portanto, mais dinheiro. Vamos, então, ao CFTV.

## 8. BREVE HISTÓRIA DO CFTV

Um Circuito Fechado de Televisão — CFTV (ou CCTV, em inglês) — distingue-se da televisão aberta, ou broadcast, por ser direcionada a um número limitado de monitores. Enquanto a TV aberta tem como objetivos principais entreter, informar, divulgar propaganda etc. para um grande público, o CFTV sempre atende a uma finalidade específica. A maior aplicação é em vigilância, tanto privada quanto para órgãos de segurança. Mas pode ter muitas outras aplicações. É usado para acompanhar processos industriais, em videoconferência e, claro, em monitoramento de tráfego. Pode ser usado em ambientes inóspitos ou perigosos. Por meio de softwares analíticos, pode ser usado para detecção de incidentes, coleta de dados, medição de fluxo de veículos para controle de semáforos, reconhecimento facial para segurança e controle de acesso, leitura automática de placas de veículos e muitas outras finalidades que ainda nem foram concebidas.

Os primeiros sistemas de CFTV exigiam monitoramento constante, pois, a exemplo da TV aberta, não dispunham de um meio de gravação das imagens. Mesmo quando surgiram os primeiros meios de gravação, as fitas de rolo precisavam ser trocadas e rebobinadas manualmente, um processo demorado, caro e pouco confiável. Somente nos anos 1970, com a popularização dos gravadores de vídeo, o monitoramento por CFTV foi se tornando mais comum.

O primeiro sistema de CFTV foi instalado pela alemã Siemens, em 1942, para observação dos testes de lançamento dos mísseis V2, que seriam utilizados para bombardear alvos Aliados. As câmeras facilitavam a identificação das falhas de lançamento pelos engenheiros, que podiam acompanhar de um lugar seguro. O projeto e a instalação ficaram a cargo do engenheiro Walter Bruch (1908–90), da Telefunken, que já havia ajudado a desenvolver a transmissão de TV das Olimpíadas de Berlim e, nos anos 60, se tornaria o inventor do sistema de cores PAL.

Os primeiros sistemas de CFTV, ao contrário da TV broadcast, tinham geralmente caráter restrito, muitas vezes ligados a órgãos militares e de segurança. Por isso, a documentação histórica é esparsa e cheia de lacunas. Em 1949, a empresa Vericon foi a primeira a oferecer comercialmente, nos Estados Unidos, um sistema de CFTV. Foi projetado para acompanhar processos industriais perigosos ou demonstrar cirurgias para grandes grupos de estudantes.



Figura 123. Receptor e câmera Vericon, 1949.

Salvo um teste para a polícia de Hamburgo<sup>49</sup>, em 1956, o provável primeiro sistema de CFTV para vigilância de via pública, incluindo tráfego, foi instalado em Munique, pela Polícia da Baviera, em julho de 1958<sup>50</sup>. O centro de controle operava 80 dos 120 semáforos da cidade, mas tinha capacidade para 400. Possuía um mapa de 10 m<sup>2</sup> com luzes indicativas das condições dos semáforos, que podiam ser controlados em um console (Figura 124). Na praça *Stachus*, uma das mais movimentadas da Europa na época, foi instalada a

<sup>49</sup> BACK to Basics: Where Did the Video Security System Come From? Vintech, Apr 20, 2011. Disponível em: <http://www.vintechology.com/journal/uncategorized/back-to-basics-where-did-the-video-security-system-come-from/>. Acesso em: Mar. 2014.

<sup>50</sup> VERKEHRZENTRALE München. Polizei Bayern, 12.08.2013. Disponível em: <http://www.polizei.bayern.de/muenchen/verkehr/index.html/2143>. Acesso em: März 2014.

primeira câmera de monitoramento de tráfego (Figura 125), cujo sinal era transmitido para a central. Na época, a cidade contava com uma frota de 330 mil veículos. Hoje, são mais de 800 mil.

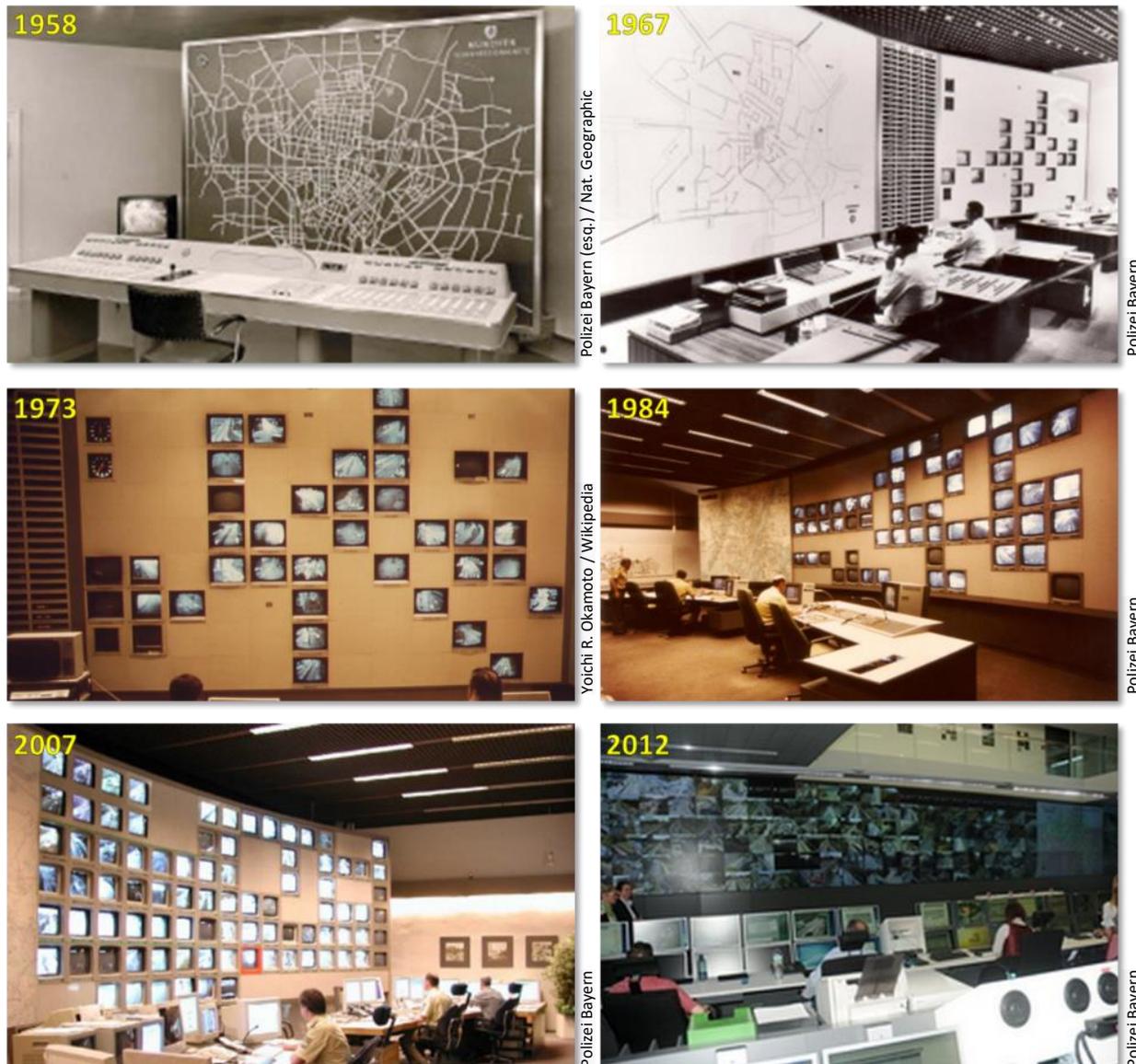


Figura 124. Sequência de mais de 50 anos de evolução da central de monitoramento da Polícia da Baviera, em Munique.

Com a rápida expansão do sistema, a central mudou-se para um espaço mais amplo em 1967, onde permaneceu até 2012, quando se mudou para o novo Centro de Operações Técnicas, de 12.000 m<sup>2</sup>, um dos mais modernos da Europa. A câmera original da Stachus, porém, continua até hoje no mesmo lugar, só que bem mais moderna (Figura 126). A central de 1967 usava pela primeira vez um sistema computadorizado de controle de semáforos baseado no volume de tráfego (no Brasil, sistema semelhante seria implantado pela CET de São Paulo em 1982). A central de operações, que passou por atualizações tecnológicas em 1984, 1997 e 2012, opera, hoje, 1300 semáforos, dos quais 900 estão conectados diretamente ao sistema. A nova central conta com um video wall de 38 m<sup>2</sup>, com 51 cubos de LED de 50 polegadas<sup>51</sup>. Em 2012, monitorava 330 câmeras de tráfego, mais ou menos a mesma quantidade de São Paulo na mesma época, que tem uma frota dez vezes maior.

<sup>51</sup> EYEVIS supplies huge video wall for Munich Traffic Management Centre. Initiative Mittelstand. Disponível em: <<http://www.imittelstand.de/themen/presse.html?boxid=521180>>. Acesso em: Mar. 2014.



National Geographic Society

Figura 125. Câmera de CFTV (sobre o poste à direita) para monitoramento de tráfego na praça Stachus (ou Karlplatz), Munique, em 1959 (v. próxima figura).

Em 1960, a Polícia Metropolitana de Londres usa duas câmeras temporárias na *Trafalgar Square* para monitorar a multidão atraída pela visita da Família Real da Tailândia<sup>52</sup>. Ainda no Reino Unido, nos anos seguintes são instaladas câmeras em estações e linhas de trem. Em 1967, a empresa britânica Photo-Scan comercializa um sistema para coibir furtos em lojas.

Em 1968, a pequena Olean, no estado de Nova York tornou-se a primeira cidade americana a implantar um sistema de vigilância por vídeo, motivada pelo roubo numa loja de departamentos. Foram 8 câmeras instaladas em postes, ao custo de 1,4 milhão de dólares (da época), que enviavam as imagens para o Departamento de Polícia, 24 horas por dia. As câmeras tinham a capacidade de girar para os dois lados automaticamente, por meio de temporizador. Eram as primeiras câmeras com **panoramizador**, ou *pan*. O sistema deu resultado e, de fato, reduziu a criminalidade na área monitorada.

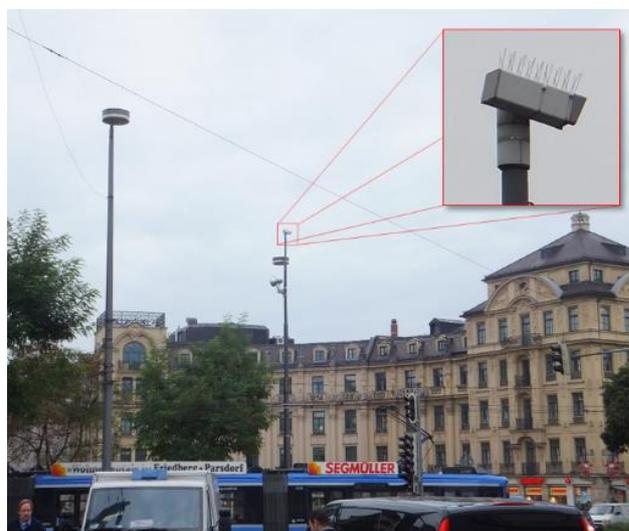


Foto do autor

Figura 126. A mesma praça de Munique em 2013. A câmera está mais moderna, mas o local é o mesmo. Os arames sobre a câmera são para evitar a formação de ninhos de pássaros.

<sup>52</sup> BACK to Basics: Where Did the Video Security System Come From? Vintech, Apr 20, 2011. Disponível em: <http://www.vintechology.com/journal/uncategorized/back-to-basics-where-did-the-video-security-system-come-from/>. Acesso em: Mar. 2014.

Em 1974, é instalado um sistema de vídeo para monitorar as principais vias arteriais de Londres. No ano seguinte, quatro estações de metrô londrinas recebem sistema semelhante.

No final da década, as fitas VHS são introduzidas no mercado americano, dando enorme impulso ao mercado de CFTV, que não dependeria mais de monitoramento ao vivo. Também introduziram o conceito de preservação das imagens gravadas para uso posterior, como provas em investigações.

Ao final dos anos 80, as câmeras passaram a ter sensores de CCD (v. capítulo 6.5.1), que ampliaram as possibilidades de uso do CFTV, pois, por serem mais sensíveis à luz, podiam ser usadas à noite. Na década seguinte, surgiu a multiplexação digital, que permitia a gravação simultânea de várias câmeras. Juntamente com o gravador de *time-lapse* (que grava apenas alguns quadros intercaladamente) e a gravação acionada por movimento no campo visual da câmera, foi um avanço que permitiu uma grande economia de espaço de armazenamento de imagens.

Em 1994, a CET instala seu primeiro sistema de CFTV para monitoramento de tráfego, nas Centrais de Operação dos túneis Jânio Quadros e Maria Maluf, operando quarenta câmeras. Em 2018, a CET possuía um parque instalado de cerca de 500 câmeras espalhadas pelas ruas de São Paulo e operadas por oito centrais de tráfego.

A partir do final dos anos 90, a introdução do vídeo digital foi tornando os sistemas de CFTV analógicos obsoletos. Falaremos disso na Parte II.

Em resumo, o desenvolvimento tecnológico do CFTV pode ser dividido em quatro períodos:

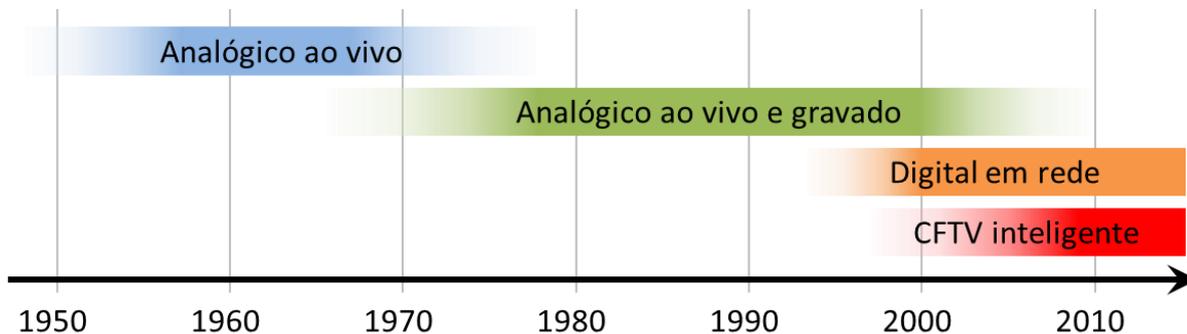


Figura 127. Evolução da tecnologia de CFTV.

- **Analógico — ao vivo (tempo real):** O operador acompanha a ação apenas no momento em que ocorre ou logo depois. Cada monitor exibe apenas uma câmera de cada vez;
- **Analógico — ao vivo e gravado:** É possível gravar em fita magnética para visualização posterior. É possível dividir o monitor em várias telas e gravar várias câmeras na mesma fita. É possível gravar em *time-lapse*. A troca constante de fitas e a dificuldade de localizar um trecho gravado limitam o uso prático de sistemas com muitas câmeras;
- **Digital em rede:** Conversão de imagem analógica para digital e gravação em HD. Pode ser compartilhada com vários usuários. Facilidade de localização de trecho gravado e integração com outros sistemas, como videodetecção;
- **CFTV inteligente:** Utiliza softwares de detecção automática de incidentes e comportamentos atípicos para auxiliar o observador humano. Reconhecimento de rosto e de placa de veículo, levantamento de dados estatísticos e rastreamento de pessoas e veículos. Gravação local ou em nuvem.

É impossível estimar quantas câmeras de vigilância estão espalhadas pelas cidades atualmente. É um mercado pulverizado entre centenas de empresas, e muitos órgãos públicos simplesmente não divulgam

seus números por motivo de segurança, principalmente em locais sujeitos a ataques terroristas. Por isso, é muito difícil obter dados confiáveis e minimamente precisos e as poucas estatísticas existentes são, muitas vezes, conflitantes entre si. Um estudo de 2011<sup>53</sup>, feito pela indústria da segurança tenta estimar quais são as cidades com o maior número de câmeras de vigilância:

- 1º Pequim:** 470 mil câmeras, segundo a Associação da Indústria de Proteção e Segurança de Pequim (BSPIA);
- 2º Londres:** 420 mil câmeras. O número não pode ser calculado precisamente, pois não há obrigatoriedade de se registrar a instalação de câmeras;
- 3º Chicago:** 17 mil câmeras, compondo um sistema centralizado por quase mil quilômetros de fibras ópticas;
- 4º Houston:** os números não são divulgados por razões de segurança e prevenção à imigração ilegal;
- 5º Nova York:** cerca de 4.500 câmeras, principalmente de empresas privadas.

Estes números certamente já foram superados. A cidade chinesa de Chongqing, por exemplo, estima que, em 2012, teria passado de 500 mil câmeras<sup>54</sup>. Estima-se que, em 2017, a China contava 170 milhões de câmeras<sup>55</sup> de CFTV, grande parte com software de reconhecimento facial. Para efeito de comparação, em 2006 o Reino Unido era o país com a maior rede de CFTV de segurança, com 4,2 milhões de câmeras. Uma pessoa podia ser capturada por mais de 300 câmeras em um único dia<sup>56</sup>. Em 2013, a Autoridade Britânica da Indústria da Segurança (BSIA) estimava a existência de 5,9 milhões de câmeras de CFTV no país, ou uma para cada 11 pessoas<sup>57</sup>. Destas, 70 mil são controladas pelas autoridades locais e polícia, 13 mil estão na rede de metrô e entre 290 mil a 370 mil em escolas públicas. A grande maioria (mais de 90%) está nas mãos da iniciativa privada<sup>58</sup>.

Segundo a ABESE — Associação Brasileira das Empresas de Sistemas Eletrônicos de Segurança, em 2012, os brasileiros gastaram 2 bilhões de dólares em equipamentos de segurança eletrônica, com um crescimento médio de 10% ao ano nos últimos dez anos<sup>59</sup>. A indústria da segurança gera 200 mil empregos diretos e 1,7 milhão de empregos indiretos no Brasil. Entre as tecnologias de segurança eletrônica usadas no país, a maior parcela é dedicada a CFTV (44%), seguido por sistemas de alarme e de controle de acesso (ambos 23%) e detecção de incêndio (10%)<sup>60</sup>. Em São Paulo, não há estatísticas oficiais, mas não seria exagero estimar o número de câmeras em pelo menos um milhão<sup>61</sup> em 2013, incluindo áreas públicas e privadas. Em seu trajeto diário de casa para o trabalho, um paulistano é captado, em média, por 15 câmeras. Será exagero? Para tirar a prova, usando um método nada científico, o autor decidiu contar o número de câmeras em seu trajeto diário para o trabalho, uma viagem de 12 quilômetros, feita de carro e a pé:

<sup>53</sup> TOP 5 Cities with the Largest Surveillance Camera Networks. VinTech, May 4, 2011. Disponível em:

<<http://vintech.com/2011/05/04/top-5-cities-with-the-largest-surveillance-camera-networks/>>. Acesso em: Mar. 2014.

<sup>54</sup> THE MOST Spied Upon Cities In The World. World Atlas, April 25, 2017. Disponível em: <<https://www.worldatlas.com/articles/most-spied-on-cities-in-the-world.html>>. Acesso em: Mai. 2018.

<sup>55</sup> BBC News Brasil. Como funciona o 'Big Brother' da China, com 170 milhões de câmeras que fazem identificação visual. Londres, 2017. Disponível em: <<https://www.bbc.com/portuguese/internacional-42361047>>. Acesso em: Out. 2018.

<sup>56</sup> BALL, Kirstie et al. A Report on the Surveillance Society. For the Information Commissioner by the Surveillance Studies Network. Sep. 2006.

<sup>57</sup> BARRET, David. One surveillance camera for every 11 people in Britain, says CCTV survey. The Telegraph, 10 July 2013. Disponível em: <<http://www.telegraph.co.uk/technology/10172298/One-surveillance-camera-for-every-11-people-in-Britain-says-CCTV-survey.html>>. Acesso em: June 2012.

<sup>58</sup> SPY Britain: six million CCTV cameras - and most are in private hands. London Evening Standard. 10 July 2013. Disponível em: <<http://www.standard.co.uk/news/uk/spy-britain-six-million-cctv-cameras--and-most-are-in-private-hands-8699934.html>>. Acesso em: Mar. 2014

<sup>59</sup> LEITE, Pedro Dias. O custo do medo. Revista Veja. Ed. Abril, São Paulo, seção Holofote. 23 jan. 2013.

<sup>60</sup> GUIA de Aquisição de Sistemas Eletrônicos de Segurança. Associação Brasileira das Empresas de Sistemas Eletrônicos de Segurança – ABESE. 2013.

<sup>61</sup> Paulistano é filmado até quinze vezes no caminho de casa ao trabalho. Veja São Paulo, 30 jan. 2013. Disponível em: <<http://veja.abril.com.br/materia/cameras-seguranca-sao-paulo>>. Acesso em: mar. 2014.

Saio de casa e encontro a primeira câmera, no elevador. Na garagem, há uma câmera no hall dos elevadores e uma no corredor. Uma câmera está exatamente em cima da vaga do carro. Pego o carro e passo por duas câmeras no corredor até passar pelo controle de saída da garagem, com uma câmera voltada diretamente para meu rosto e outra para a placa do carro. Passo por uma câmera na rua interna do condomínio e outra no controle de saída. Ao chegar à rua, dou de cara com uma câmera da CET para monitoramento de tráfego. Do outro lado da rua, câmeras de fiscalização de velocidade. Passo em frente a um shopping center e sou captado pela câmera de segurança. Mais duas câmeras da CET e duas numa loja de materiais de construção antes de atravessar a ponte. Ao passar perto de um ponto de ônibus, uma câmera da parada pode ter me captado de relance. Ao entrar na Marginal Tietê, passo por uma câmera da Polícia Militar e por uma grande torre de 30 metros com uma câmera da CET. Passo por uma câmera de fiscalização de velocidade e rodízio e mais três torres da CET. Mais uma câmera de fiscalização e outra da PM antes de sair da Marginal. Uma emissora de televisão mantém uma câmera com imagens na internet e um helicóptero para entradas ao vivo. Entro em uma rua secundária, com pequenas indústrias e lojas. Em 8 quadras, conto nada menos que 49 câmeras de vigilância de empresas, 18 em lojas, estacionamentos e banco, além de duas em um prédio residencial. Com certeza o número é maior, mas estas câmeras são difíceis de encontrar; a maioria está voltada para a calçada, mas também focaliza parte da rua. Entro numa grande avenida, com corredor de ônibus. Num grande cruzamento desta avenida, vejo uma antiga câmera da CET, uma câmera de fiscalização de invasão de faixa de ônibus e uma de fiscalização de infrações de trânsito. Saio por uma rua lateral, onde vejo mais 9 câmeras em escritórios, três em lojas e duas em prédios residenciais. Ao me aproximar do Centro, conto cinco câmeras da Guarda Civil Metropolitana, uma de vigilância de banco e mais uma de fiscalização da CET. Deixo o carro no estacionamento e sou recebido por três câmeras, uma delas voltada para a placa do carro. Corto caminho por dentro de uma estação do metrô, onde sou capturado por 8 câmeras. Ao finalizar o trecho a pé, passo por mais uma câmera da GCM e, em três quadras de calçadão, vejo 14 câmeras de cada lado da rua para vigilância de lojas. Na recepção da empresa, sou recebido por duas câmeras. Mais uma câmera no elevador e, no hall do andar, encontro minhas últimas duas câmeras.



Figura 128. Câmera em helicóptero de emissora de TV.

O resultado, por local de instalação, é resumido na tabela a seguir:

Local de instalação	Quantidade	
<b>Segurança empresarial</b>		
Segurança de lojas, bancos e estacionamento	56	33,7%
Segurança empresarial externa	58	34,9%
Segurança empresarial interna	5	3,0%
<b>Segurança residencial</b>		
Segurança residencial externa	4	2,4%
Segurança residencial interna	10	6,0%
<b>Segurança pública</b>		
Guarda Civil Metropolitana	6	3,6%
Polícia Militar	2	1,2%
Monitoramento de tráfego	8	4,8%
Fiscalização de trânsito	6	3,6%
Transporte público	9	5,4%
Jornalismo	2	1,2%

Tabela 2. Distribuição das câmeras no trajeto pesquisado. Total: 166 câmeras.

Também podemos resumir a distribuição conforme a finalidade da câmera:

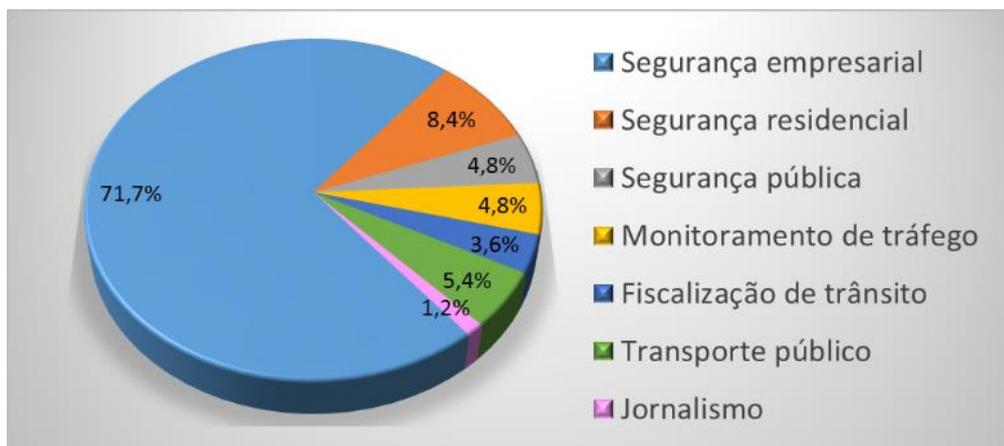


Figura 129. Distribuição das câmeras no trajeto segundo a finalidade.

O número total certamente é maior, pois muitas câmeras são tão pequenas ou camufladas que não foi possível localizar, sem contar as indiscretas e onipresentes câmeras de smartphones. A grande maioria (80%) das câmeras era destinada a segurança privada. Quase todas, câmeras amadoras, impróprias para instalação externa ou com qualidade de imagem sofrível, de pouca ou nenhuma utilidade para uma investigação criminal. Além disso, é pouco provável que todas estivessem funcionando corretamente.

No total, foram contadas **166 câmeras** num trajeto feito em cerca de 40 minutos. Ou seja, a imagem do autor ou a do seu carro foi captada, em média, uma vez a cada **15 segundos!** Inevitavelmente, isto acaba levantando algumas questões...

## 8.1 QUESTÕES DE PRIVACIDADE — ÉTICA E CFTV

A noção de privacidade existe desde que o ser humano passou a usar roupas e a distinguir o que é “meu” do que é “de todos”. Nas antigas sociedades rurais, os assuntos privados não se distinguiam claramente dos públicos, e a bisbilhotice alheia era relativamente tolerada na cultura ocidental. Todos sabiam da vida de todos. Com a Revolução Industrial, a partir do século XVIII, a sociedade começa a se urbanizar, as casas ficam menores por falta de espaço nas cidades, adensando a população e levando os vizinhos a uma convivência forçada mais constante. As casas ganham muros e cercas; as portas ganham trancas e as janelas, cortinas.

Portanto, o conceito de privacidade individual é relativamente recente. As primeiras questões sobre ética na vigilância surgiram com o projeto do *Pan-óptico*, do filósofo britânico Jeremy Bentham (1748–1832). Tratava-se de uma prisão — nunca construída — de forma circular com uma torre de vigilância no pátio central. Com as portas das celas viradas para dentro, um único carcereiro poderia vigiar todas as celas ao mesmo tempo. Sem saber quando estavam sendo vigiados, os prisioneiros teriam uma sensação permanente de estarem sendo

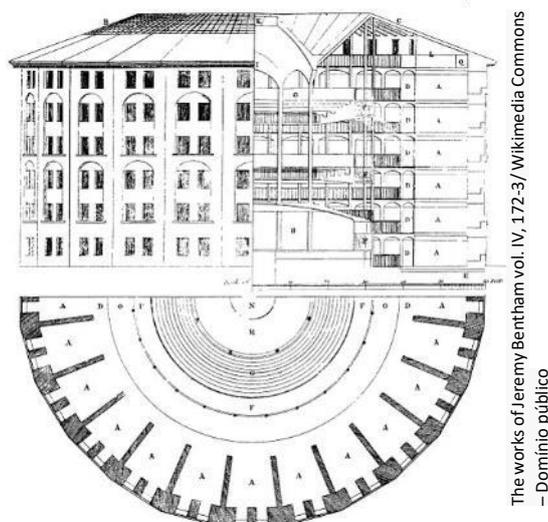


Figura 130. Presídio Pan-óptico, 1791.

observados. Bentham acreditava que isto encorajaria a autodisciplina e o bom comportamento dos presos. O nome Pan-óptico é inspirado em Argos Panoptes, o gigante mitológico grego de cem olhos. Bentham também sugeria que o modelo poderia ser aplicado a hospitais, escolas, fábricas e sanatórios.

O conceito do Pan-óptico (embora não citado diretamente) aparece no livro *1984*, do inglês George Orwell (1903–50), criador do *Big Brother* (*Irmão Mais Velho*, numa tradução que faz mais sentido do que “Grande Irmão”). A obra, de 1949, é um produto de seu tempo. O mundo acabara de sair da Segunda Guerra Mundial. O Nazismo e o Fascismo estavam derrotados, mas o totalitarismo stalinista, na União Soviética, emergia como grande força no mundo polarizado pela Guerra Fria. Ao mesmo tempo, a televisão se expandia rapidamente. O momento político e a nova tecnologia inspiraram Orwell a criar a distopia em que, numa sociedade totalitária, os cidadãos eram permanentemente vigiados por câmeras de TV. “Não havia, é claro, nenhuma forma de saber se você estava sendo observado em dado momento. [...] Você tinha que viver [...] no pressuposto de que cada som que você produzia seria ouvido, e, exceto na escuridão, cada movimento investigado”. A figura do Big Brother, onipresente nas “teletelas” gigantes não deixavam as pessoas se esquecerem: “O Irmão Mais Velho zela por ti”.

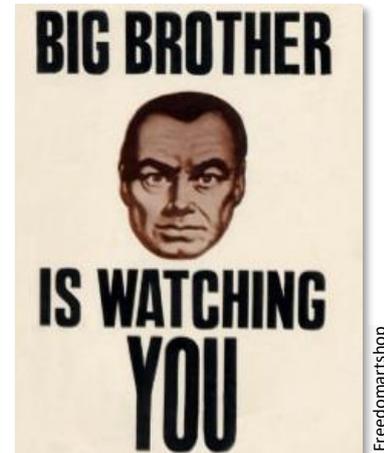


Figura 131. Big Brother.

Uma das primeiras tentativas de se regulamentar o direito à privacidade do cidadão aparece na Quarta Emenda à Constituição dos Estados Unidos, promulgada em 1792, que garante “o direito do povo à inviolabilidade de suas pessoas, casas, papéis e haveres contra buscas e apreensões”.

A Declaração Universal dos Direitos Humanos (1948), em seu artigo 12, determina: “Ninguém será sujeito a interferências na sua vida privada, família, domicílio ou correspondência, nem a ataques à sua honra e reputação. Toda pessoa tem direito à proteção da lei contra tais interferências ou ataques”.

A Constituição Brasileira, de 1988, garante, em seu artigo 5º, inciso X: “são invioláveis a intimidade, a vida privada, a honra e a imagem das pessoas, assegurado o direito a indenização pelo dano material ou moral decorrente de sua violação”.

A lei municipal nº 13.541 de 2003, de São Paulo, estabelece que, em locais internos ou externos, controlados por câmeras de vídeo, deverão ser afixadas placas com os dizeres: “O ambiente está sendo filmado. As imagens gravadas são confidenciais e protegidas, nos termos da lei”. Mas, no difícil equilíbrio entre privacidade e segurança, outra lei municipal, a 15.326, de 2010, determina que eventos temporários com público previsto superior a 10 mil pessoas poderão ser obrigados a possuir câmeras de monitoramento, que deverão abranger também a chegada e a saída do público e cujas imagens gravadas deverão ser preservadas por 60 dias. A intenção da lei é boa, mas sua eficácia duvidosa, já que não estabelece o nível mínimo de qualidade das câmeras. Em caso de necessidade, as imagens podem ser como as que vemos nos telejornais, em que uma atividade criminosa é captada, mas é impossível reconhecer seus autores.



Figura 132. Placa de advertência em praça de São Paulo.

Em matéria de ameaça à privacidade, as câmeras de vídeo podem ser a forma mais evidente, mas estão longe de ser a única. Quase tudo o que fazemos gera alguma informação sobre nós em algum banco de dados. Seguem vários exemplos; alguns legais, outros nem tanto:

- Câmeras de CFTV com reconhecimento facial;
- Câmeras com leitura automática de placas de veículos;
- Câmeras e microfones embutidos em notebooks e smartphones;
- Etiquetas de RFID (identificador por radiofrequência) em mercadorias de lojas;
- Etiquetas de RFID em veículos para pedágio e estacionamentos;
- Controles de acesso biométricos;
- Triangulação de telefones celulares;
- Rastreamento de veículos via GPS;
- Rastreamento de pessoas via Bluetooth de celulares e tablets;
- Transações com cartão de crédito e débito;
- Cartões de fidelidade em lojas e programas de milhagem;
- Bilhetes de transporte público;
- Monitoramento por vídeo com satélites espões e drones;
- Cadastro de foto e impressão digital em documentos de identidade, habilitação e passaporte;
- Cadastro de domicílio eleitoral e título eleitoral com biometria;
- Cadastro nas entidades de classe e sindicatos;
- Registro médico de pacientes em hospitais;
- Streaming de vídeo via smart TV (como Netflix) e registro de programas pay-per-view;
- Interceptação de ligações telefônicas e e-mails com ou sem autorização judicial;
- Câmeras e microfones escondidos com ou sem autorização judicial;
- Monitoramento de ligações e e-mails de empregados pelos empregadores;
- Dados pessoais obtidos por cookies de internet;
- Vírus de computador, *Cavalos de Troia* e phishing.

Muitas das informações coletadas têm finalidades legítimas e justificáveis, como garantir a segurança pública ou individual, prevenir terrorismo e orientar políticas públicas. Outras são menos nobres, como empresas que coletam informações para criar um perfil de clientes em potencial, para direcionar propaganda para um alvo preciso. E muitas são abusivas e ilegais. Por isso, apesar de sistemas de vigilância serem bem aceitos pela população em geral, a disseminação descontrolada deste recurso está gerando uma reação da sociedade. Um número crescente de organizações tem se ocupado em combater abusos e violações de privacidade.

A *Privacy International*, ONG britânica que tem por objetivo monitorar casos de abuso ou violações à privacidade de cidadãos pelo mundo, criou uma classificação de países de acordo com o grau de garantias a privacidade dos indivíduos (Figura 133). Entre cerca de 50 países, a Grécia obteve a melhor nota. Rússia, China e Malásia ficaram em último lugar. O Brasil está numa posição intermediária. A pesquisa foi realizada anualmente, entre 1997 e 2007. A mais recente pesquisa do tipo foi publicada em 2011, mas apenas entre países europeus. Em 1998, a Privacy International criou o Troféu *Big Brother*, com o objetivo de “premiar” as agências governamentais, empresas privadas e indivíduos “que se destacaram na violação da nossa privacidade”.

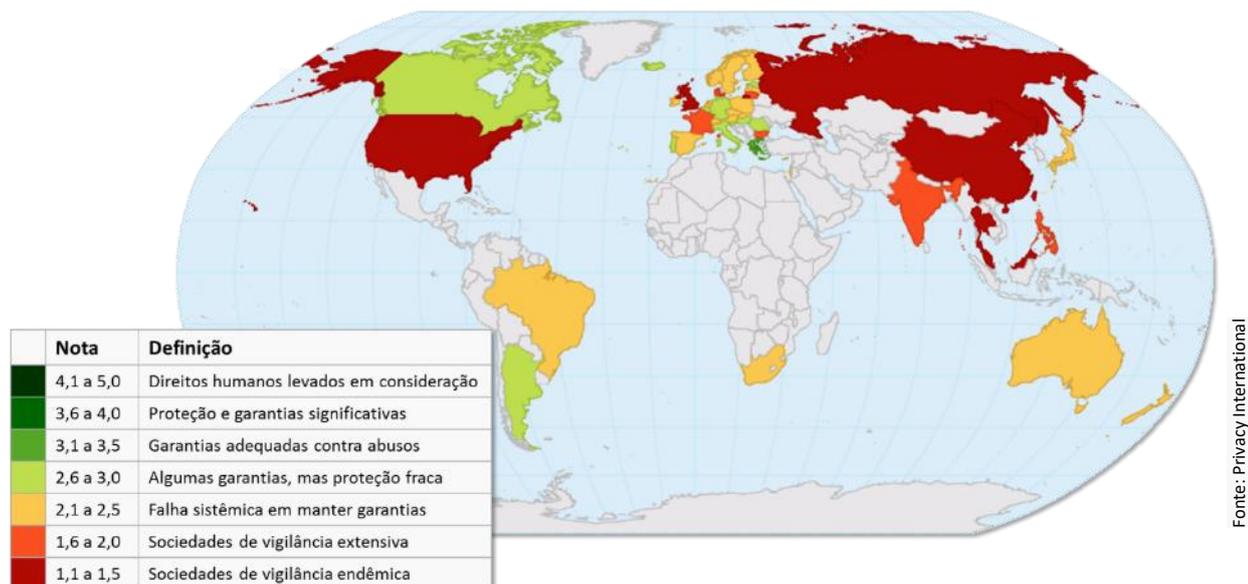


Figura 133. Índice de respeito à privacidade (2007).

A organização *No CCTV* apresenta pesquisas que mostram que o aumento de câmeras de CFTV no Reino Unido não resultou em aumento proporcional de soluções de crimes. Em 2013, o movimento ambientalista radical *Earth First!*, que prega a desobediência civil, criou o *Primeiro Concurso Anual de Caça a Câmeras de Segurança*, cujo título é autoexplicativo. Vence a cidade ou região onde for destruído o maior número de câmeras (!). Em contrapartida, muitas pessoas abrem mão, voluntariamente, de parte de sua privacidade na internet em sites de compartilhamento e redes sociais, como o *Youtube*, *Facebook*, *Instagram*, *Twitter* etc. Em janeiro de 2018, o Facebook registrou 2,17 bilhões de usuários ativos mensais<sup>62</sup>. O portal *Insecam.com*, por exemplo, apresenta listas com milhares de endereços IP de câmeras ao redor do mundo que podem ser acessadas livremente. Não se trata de câmeras “hackeadas” — simplesmente seus donos não se preocuparam em protegê-las com senha. Em 2017, a empresa de software de segurança Avast revelou, em uma feira internacional, ter descoberto nada menos do que 22 mil babás eletrônicas e outros tipos de *webcams* vulneráveis a hackers apenas na cidade de Barcelona, onde se realizava a feira.

Todo projetista e todo operador de CFTV deve ter essas questões em mente antes de posicionar suas câmeras. Pelo menos em relação ao respeito à privacidade do cidadão, o CFTV para monitoramento de tráfego tem algumas vantagens em relação aos sistemas mais comuns, voltados à segurança. Como o foco são os veículos e não as pessoas, o risco de invasão de privacidade é menor. Além disso, para o monitoramento de tráfego, é mais importante um campo de visão mais aberto, onde é possível ter uma visão geral do trânsito. Geralmente, o zoom só é usado para o acompanhamento de situações atípicas, como acidentes e veículos quebrados. Mesmo assim, alguns cuidados precisam ser observados:

<sup>62</sup> MOST popular social networks worldwide as of April 2018, ranked by number of active users (in millions). Statista - The Statistics Portal. Jan, 2018. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/272014/global-social-networks-ranked-by-number-of-users/>>. Acesso em: jan. 2018.

Para o Projetista
No projeto, não posicionar câmeras muito próximo a edifícios, muito menos na altura de janelas.
Em câmeras PTZ mais antigas, é possível utilizar travas mecânicas para impedir que a câmera aponte para locais indesejados. Esta medida tem o inconveniente de impossibilitar giros de 360°.
Em alguns modelos de câmeras digitais existe o recurso de máscara de privacidade, em que é possível desenhar tapumes virtuais sobre janelas e outras áreas privativas.
A comunicação deve ser criptografada, para evitar acessos indevidos.
O acesso às imagens ao vivo e gravadas deve ser restrito a operadores e administradores com senhas individuais.
Caso a câmera possua cartão de memória, o acesso ao seu conteúdo deve ser protegido por senha.
Caso a imagem se destine à exibição pública, como internet ou televisão, deve-se prever recurso de bloqueio de exibição por senha, para impedir a exibição de imagens inadequadas, como vítimas de acidentes.
Pelo mesmo motivo, prever a possibilidade de transmissão da imagem com um atraso proposital de alguns segundos, a fim de se bloquear a imagem imprópria antes da exibição pública.
Instalar placa com o aviso “O ambiente está sendo filmado. As imagens gravadas são confidenciais e protegidas, nos termos da lei.”, conforme exigência da Lei nº 13.541/03.
Para o Operador
Nunca parar a câmera diante de janelas ou áreas privativas de imóveis ou apontada para o interior de veículos.
Movimentar a câmera sempre com o zoom aberto, para evitar a passagem acidental por uma área privativa.
Nunca seguir indivíduos ou veículos com a câmera, exceto no acompanhamento de suspeita de atividade ilegal.
Nunca manter gravada cena que possa ser interpretada como violação de privacidade, caso não esteja relacionada com a finalidade específica do monitoramento.
Máquinas não sabem o que é privacidade. Por isso, mesmo em sistemas automáticos, o operador deverá ficar atento para evitar a captação acidental de cenas inadequadas.
Ao monitorar cenas de acidentes com vítimas, bloquear a transmissão para o público e para o <i>video wall</i> .
Ao transmitir cenas para o público, nunca fechar o zoom sobre o rosto de pessoas ou placa de veículos.
Não mostrar imagens gravadas a pessoas não autorizadas.
Trocar a senha pessoal periodicamente e não divulgá-la a terceiros.
Ter em mente que a divulgação de imagens confidenciais é ilegal, sujeita a ações civis, por dano moral, e criminais.
As imagens gravadas só podem ser enviadas a terceiros mediante autorização judicial.
CFTV não é <i>reality show</i> . Não perca tempo observando imagens que não têm utilidade para o propósito do monitoramento.

Tabela 3. Pequeno Código de Ética para sistemas de CFTV.

## PARTE II — TECNOLOGIA DE VÍDEO DIGITAL

Na Parte II vamos abordar alguns aspectos teóricos e práticos de um projeto de monitoramento por CFTV. Nosso enfoque será o monitoramento de tráfego. Portanto, muitos aspectos relativos a outras finalidades de monitoramento não serão tratados aqui, ou o serão de forma superficial. Não pretendemos entrar em minúcias técnicas, pois existem cursos e textos específicos para este fim, mas sim apresentar as características principais de um sistema de CFTV, para que o leitor tenha condições de julgar, ele próprio, o que é importante considerar no projeto que tem em mente. Para isso, é importante estruturar o projeto, isto é, decompor o projeto em partes, para que seja mais fácil definir os requisitos técnicos e operacionais do sistema.

Muitas das características de um projeto de CFTV são comuns a sistemas analógicos e digitais (v. comparação entre os dois sistemas no capítulo 12), mas a maior parte das funcionalidades descritas aqui se aplica apenas aos sistemas digitais.

### 9. ESTRUTURAÇÃO DO PROJETO

Há pelo menos três etapas distintas na elaboração do projeto (Esta classificação e algumas definições deste capítulo são baseadas no Manual de Requisitos Operacionais de CFTV publicado pelo Departamento de Desenvolvimento Científico do Ministério do Interior do Reino Unido<sup>63</sup>, com adaptações à realidade brasileira e às especificidades do monitoramento de tráfego):

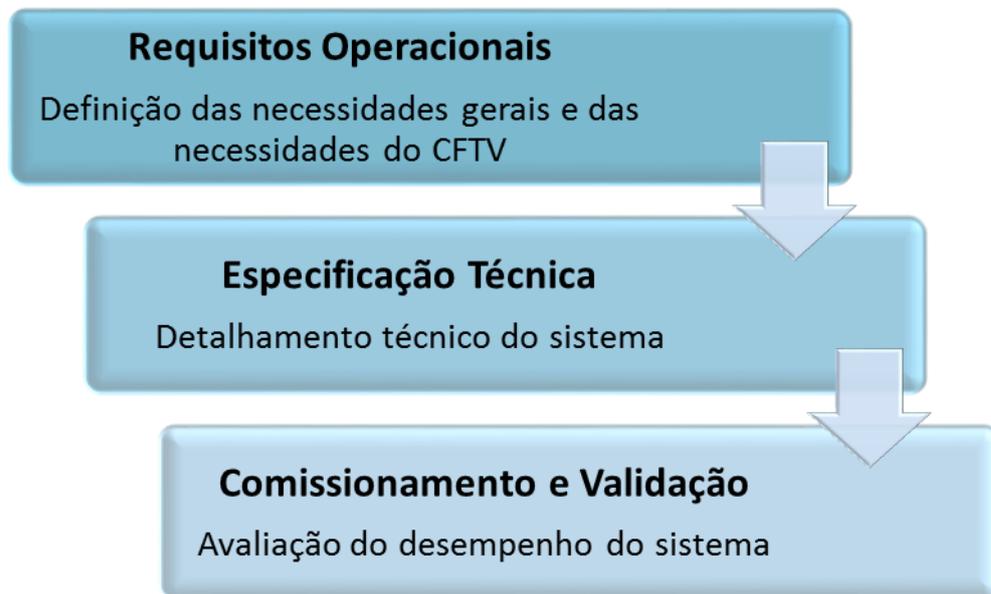


Figura 134. Etapas na elaboração de projeto de CFTV.

<sup>63</sup> COHEN, N.; GATTUSO, J.; MACLENNAN-BROWN, K. *CCTV Operational Requirements Manual*. Home Office Scientific Development Branch. St Albans, Reino Unido, 2009.

## 9.1 REQUISITOS OPERACIONAIS

### 9.1.1 NÍVEL 1: DEFINIÇÃO DAS NECESSIDADES GERAIS

Antes de definirmos as necessidades do sistema de CFTV propriamente dito, é preciso fazer algumas considerações em relação ao problema que se espera resolver com o CFTV:

#### a) Mapeamento da área a monitorar

Inicialmente, é preciso identificar, em um mapa, as áreas de interesse para o monitoramento; por exemplo, a cidade toda, uma região ou uma área específica, como um túnel. É desejável uma distribuição homogênea dos pontos de câmera, para que não haja excesso de câmeras em algumas áreas e falta em outras. Também é importante definir níveis de prioridade, em função da importância de cada via, pois, geralmente, a implantação é feita aos poucos. Posteriormente, no Nível 2, será preciso elaborar um croqui para cada ponto de câmera, baseado em vistoria no local, onde será possível determinar o melhor local para a instalação, livre de interferências, como árvores, viadutos, placas de sinalização e curvas. Deve-se, também, verificar a direção do nascer e do pôr do sol, para se evitar que a câmera aponte diretamente para o Sol, quando este estiver baixo no horizonte. O ideal é utilizar uma plataforma, montada em caminhão ou andaimes, para se ter uma noção exata do campo de visão a partir da altura real da câmera.



Figura 135. Croqui de localização de câmera.

#### b) Definição do Problema

Quais são os problemas que esperamos resolver com o CFTV? Parece simples: queremos monitorar tráfego, claro, mas o que significa isso? Significa realizar uma ou mais das tarefas abaixo, entre outras:

- Identificar vias com lentidão;
- Orientar o munícipe sobre rotas mais rápidas;
- Divulgar a situação do tráfego para imprensa e internet;
- Obter dados para divulgação em painéis de mensagens variáveis (PMV);
- Localizar incidentes, como veículos quebrados, acidentes, alagamentos etc.;
- Acionar o responsável pela solução do problema: viatura CET, resgate, manutenção semafórica etc.;
- Fiscalizar infrações de trânsito;
- Fornecer dados de volume de tráfego para alimentar controladores semafóricos;
- Realizar contagem e classificação de veículos.

Nem todas as câmeras conseguem realizar todas estas funções ao mesmo tempo e nem todas as informações precisam ser enviadas à Central de Operações. Por exemplo, câmeras para controle de semáforo só precisam enviar dados à central (e não imagens), que os utilizará para o cálculo dos tempos do semáforo. Por isso, é preciso diferenciar no mapa as funções que cada câmera deverá realizar.

**c) Clientes**

Os principais clientes são os operadores das centrais, mas que centrais? A CET possui várias Centrais de Operações, cada uma com sua equipe de operadores. É preciso definir se todos terão acesso a todas as câmeras ou somente às câmeras das suas respectivas centrais. Além dos operadores, outras pessoas terão acesso às imagens? Gerentes? Supervisores? Usuários da internet? Também é preciso definir o nível hierárquico e as permissões de cada um. Exemplos de níveis de permissão:

- Acesso somente a imagens de algumas câmeras pré-selecionadas;
- Acesso a todas as imagens disponíveis;
- Acesso ao telecomando das câmeras;
- Acesso a imagens gravadas;
- Acesso aos controles de configuração do sistema.

**d) Avaliação de risco**

- Qual é a probabilidade real de cada ocorrência (baixa/ média/ alta)?
- Qual a consequência se a ocorrência não for monitorada ou gravada (pequena/ moderada/ grave)?
- É possível utilizar um método alternativo mais barato do que CFTV (laços indutivos/ PACs etc.)?
- A atividade monitorada pode se tornar um problema a curto ou longo prazo?

**e) Critérios de sucesso**

Ao detectar uma atividade, o que pode ser considerado um bom resultado?

- Aumento da fluidez?
- Redução de acidentes?
- Mais rapidez no atendimento a ocorrências?
- Melhor identificação de locais sujeitos a acidentes?
- Dados mais precisos para orientar a engenharia de tráfego?
- Dados mais precisos para orientar políticas de trânsito e transporte?

O sucesso também depende da combinação entre a eficiência do desempenho dos equipamentos e quanto ele atende aos requisitos operacionais. Com que frequência você espera que o sistema forneça um bom resultado?

- O tempo todo?
- Na maior parte do tempo?
- Sempre nos horários de pico e ocasionalmente em outros horários?

A resposta a estas perguntas irá determinar o nível de exigência de qualidade e eficiência dos equipamentos designado na especificação técnica.

**f) Determinação da solução mais eficiente**

Após a análise das considerações anteriores, é preciso confirmar se o CFTV é, de fato, a melhor solução para o problema.

## 9.1.2 NÍVEL 2: DEFINIÇÃO DOS REQUISITOS DO CFTV

Uma vez tomada a decisão pela a implantação do CFTV, é preciso responder a mais duas questões: “**O que** eu preciso ver?” e “**Por que** eu preciso ver?”. A escolha da câmera dependerá da natureza da atividade que se pretende observar. É comum o futuro usuário dizer que precisa que sua câmera “veja” até uma distância de 100 metros, 1 quilômetro, 5 quilômetros... Uma câmera pode “ver” a qualquer distância. Você pode ver a Lua, a 380 mil quilômetros da Terra, ou a galáxia de Andrômeda, a 2,5 milhões de anos-luz, mesmo a olho nu. Tudo depende do que o usuário entende por “ver”. Para isso, ele terá de decidir que atividades ele pretende observar. No caso de monitoramento de tráfego, as atividades observadas vão depender da distância da câmera em relação à via, o nível de zoom e a resolução da câmera. Quanto maior a aproximação, mais informações se pode obter da cena:

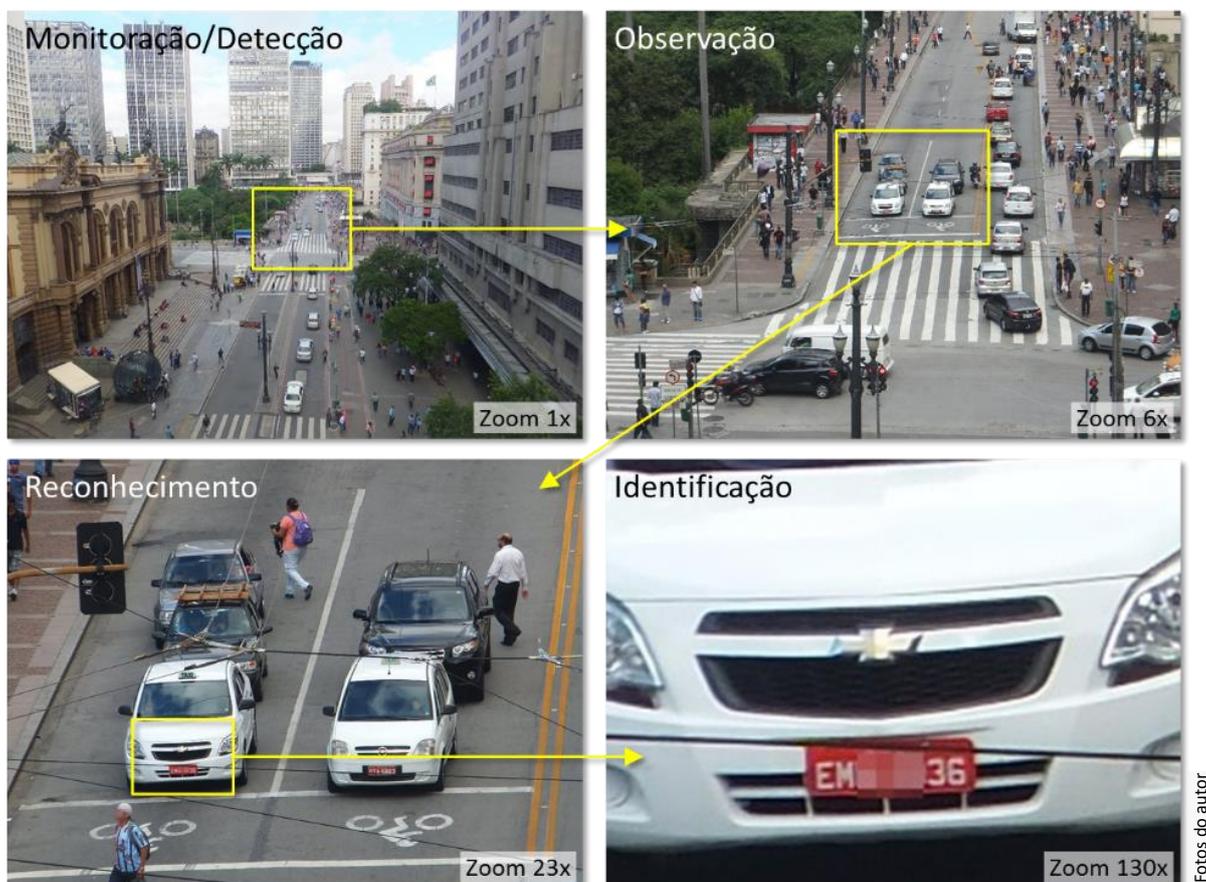


Figura 136. Níveis de zoom para diferentes finalidades de monitoramento. A câmera está a cerca de 100 metros do objeto e a resolução da imagem é de cerca de 640 x 480 pixels (resolução VGA).

- **Monitoração.** Neste nível, o observador pode perceber o número de veículos (ou pessoas) como um volume compacto, a direção e a velocidade do movimento. Pode identificar, por exemplo, se há lentidão ou congestionamento.
- **Detecção.** É possível reconhecer o movimento de cada veículo isoladamente. É possível distinguir entre um carro e um caminhão, por exemplo.
- **Observação.** É possível perceber mais detalhes, como a cor do veículo. É possível identificar atividades específicas, como veículo parado ou alguma anormalidade no fluxo do trânsito.
- **Reconhecimento.** É possível identificar o motivo da anormalidade, como acidente ou veículo quebrado. Também é possível reconhecer a marca e modelo do veículo.
- **Identificação.** É possível ler a placa do veículo ou reconhecer o rosto de uma pessoa.

Qual delas é a mais indicada para o usuário? Novamente, dependerá da finalidade da observação. Se for para identificar congestionamento, as categorias de monitoração e detecção são suficientes. Se o usuário precisa tomar alguma decisão, como enviar ambulância ou viatura da CET, é necessária a categoria de reconhecimento. Porém, se a finalidade é autuação por infração de trânsito, só a categoria de identificação atenderá (v. mais detalhes no capítulo 11.2.3.1). Note-se que a visualização de imagens gravadas não precisa ter, necessariamente, os mesmos objetivos do monitoramento ao vivo. Por isso, a qualidade da imagem nestas duas situações não precisa ser a mesma (e geralmente não é).

A fim de ajudar a organizar os diversos aspectos que precisam ser considerados, é recomendável a elaboração de uma **Lista de Verificação**. Esta lista pode ser dividida em quatro grandes categorias, que, por sua vez, são subdivididas, como forma de abranger a maior parte das questões envolvidas:

#### a) Definição do problema

Tem o objetivo de coletar informações que serão necessárias para o projetista selecionar a câmera mais adequada e posicioná-la da melhor forma para capturar a cena com o nível de qualidade necessário.



Figura 137. Definição do problema.

- **Localção:** *Onde serão instaladas as câmeras dentro da sua área de observação?*

Divide-se a área em regiões específicas, com características semelhantes, como subáreas semaforicas, corredores de tráfego ou túneis. A localção precisa não deve levar em conta apenas quais são os locais de interesse, mas também as características físicas do local que podem interferir com o campo visual e gerar **pontos cegos**, como árvores, postes, marquises e placas de sinalização. Isto influencia a **posição relativa** da câmera na via (calçada, canteiro central, praças, cruzamentos, v. capítulo 14.2).

- **Atividade:** *Que tipo de atividade você pretende monitorar?*

Os tipos de atividade a monitorar já foram estabelecidos no Nível 1 (v. capítulo 9.1.1), como identificar vias com lentidão, localizar acidentes etc. Mas o tipo de atividade tem influência em fatores como o local e o tipo de câmera. Uma câmera fixa com lente grande-angular pode ser suficiente para monitorar o fluxo, por exemplo, mas só uma lente teleobjetiva ou uma câmera de alta definição pode ser usada para ler uma placa.

- **Propósito da observação:** *Qual o nível de detalhe necessário para a imagem?*

Definição de qual nível de detalhe é o mais adequado às necessidades do monitoramento: monitoração, detecção, observação, reconhecimento ou identificação. O mais provável é que dois ou mais destes níveis sejam desejados. Uma câmera com lente fixa, por exemplo, pode atender a qualquer um destes níveis, mas não todos ao mesmo tempo. É possível conseguir dois ou três com uma câmera de alta definição bem posicionada, mas a solução mais comum é uma câmera móvel com lente zoom (câmera PTZ), ou a instalação de duas ou mais câmeras com lentes diferentes no mesmo ponto.

- **Velocidade do objeto:** *Com que velocidade o objeto a ser monitorado se move?*

É uma informação importante para se definir a taxa de quadros ou *frames* (quadros por segundo ou *fps*, em inglês) mínima mais adequada para o tipo de atividade que se quer monitorar. Como regra geral, quanto mais alta a taxa de quadros, melhor. Porém, taxa de quadros mais alta significa maior banda necessária para a transmissão e maior espaço de armazenamento.

Para o monitoramento de tráfego, uma taxa de quadros muito baixa pode dificultar o reconhecimento de um fluxo de tráfego mais lento ou reconhecer rapidamente um movimento atípico, como um veículo quebrado. Para visualização ao vivo, uma taxa a partir de 15 ou 20 fps é suficiente para uma boa percepção de movimento. Para imagens gravadas, em que a identificação de uma lentidão passada já não tem muita utilidade, taxas entre 7 e 12 fps são suficientes para a maioria dos casos.

#### b) Questões operacionais (visualização ao vivo)

São questões que envolvem o dia-a-dia da operação do sistema.



Figura 138. Questões operacionais.

**Quem monitora?** *Quem será o responsável por monitorar as telas de CFTV?*

As opções mais comuns são:

- **Dedicado:** operador cuja única responsabilidade é operar o sistema e responder aos eventos.
- **Eventual:** operador tem a monitoração como atividade secundária. A atividade primária pode ser, por exemplo, a operação de semáforos.

Em alguns casos, os sistemas são projetados apenas para gravação e posterior verificação, ou seja, não há ninguém designado para monitorar as atividades em tempo real. Isto parece não fazer muito sentido no monitoramento de tráfego, mas é possível ocorrer, por exemplo, no caso de centrais que não operam 24 horas. Também pode ocorrer quando o número de câmeras é muito grande e o operador não consegue acompanhar todas as ações ao mesmo tempo e precisa recorrer a imagens recuperadas para verificar uma ação que não acompanhou em tempo real.

Esta questão também é importante para se definir o número de pessoas que deverão ser treinadas e o nível hierárquico de cada uma, de acordo com a função que irá desempenhar. Na maioria das centrais da CET o monitoramento de CFTV é atividade secundária, com exceção da central do DCS Mini Anel e das centrais dos túneis.

- **Quando monitorar?** *Quantas horas por dia e em que dias da semana o monitoramento é necessário?*

É possível que o monitoramento não seja necessário de madrugada, por exemplo, ou aos domingos. Também é possível ativar o monitoramento em dias ou horários não programados, como no caso de jogos de futebol, Carnaval, Fórmula 1 etc. Mesmo no horário normal de expediente, é comum variar o tamanho da equipe de monitoramento conforme o turno de trabalho; em horários de pico, por exemplo, pode ser necessário um número maior de operadores.

Além das pessoas, também é preciso pensar nos equipamentos. Embora a operação 24 horas seja uma exigência comum nas especificações técnicas, muitos equipamentos têm sua vida útil consideravelmente reduzida ao operar continuamente. Por isso, é importante considerar o desligamento de alguns equipamentos, como video wall, por algumas horas do dia, em momentos em que não são tão necessários.

- **Onde monitorar?** *Onde a central de controle estará localizada?*

O monitoramento pode ser feito numa sala da própria empresa ou em local remoto, às vezes operada por terceiros, inclusive centrais móveis, em instalações provisórias, para cobertura de eventos programados. Caso a central seja em prédio da empresa, é necessário identificar (ou projetar) um local em que haja espaço para acomodar os operadores e os equipamentos. Um bom projeto de sala de controle é fundamental para garantir a eficiência do sistema. Os seguintes pontos precisam ser considerados:

- Tamanho e forma da sala;
- Luz e ventilação (garantir que a iluminação local não provoque reflexo nas telas e que não seja insuficiente nem excessiva; como muitos dos equipamentos geram calor, é necessário prever a instalação de ambiente refrigerado);
- Segurança (controlar o acesso à sala e impedir a entrada de pessoas não autorizadas);
- Proximidade do local a ser monitorado (reduz a necessidade de cabos e agiliza o acionamento de viaturas);
- Ergonomia (o layout é confortável para o operador e permite que ele mantenha um nível constante de atenção?).

No caso da CET, como a área de abrangência do CFTV é o município inteiro, a operação é distribuída em várias centrais. A maior parte destas centrais está integrada, em rede, de forma que uma pode acessar as imagens de outra. A maior parte destas centrais está instalada em prédios projetados para funcionar como centrais de controle de tráfego, embora não especificamente como centrais de CFTV.

- **Resposta.** *O que acontece quando ocorre um evento?*

Definir quem decide se uma resposta é necessária e que tipo de resposta. Dependendo do tipo de evento, o operador poderá acionar uma viatura da CET, equipe de manutenção semafórica, serviços de emergência etc. A sala de controle deve ter um bom sistema de comunicação, para que o acionamento seja rápido e eficiente. Devem ser definidos procedimentos para cada caso, onde se registrem os tempos de acionamento e resposta, assim como o acompanhamento por parte do operador. Também é importante registrar o nome do operador que fez o acionamento, que deverá passar as pendências na troca de turno. É recomendável realizar treinamentos e simulações de ocorrências. O rigor no cumprimento dos procedimentos é importante não só para o bom funcionamento da central, mas também por aspectos legais, especialmente para a preservação de provas em eventuais processos.

### c) Requisitos do sistema

Definidos os objetivos e resolvidas as questões operacionais, é preciso dar atenção aos aspectos puramente técnicos do sistema. A seguir, apresentaremos um resumo destes aspectos. Os detalhes técnicos serão apresentados a partir do capítulo 10. Os requisitos técnicos da câmera a ser escolhida dependem da combinação dos elementos descritos a seguir.



Figura 139. Requisitos do sistema.

- **Alarmes.** *Que ações o sistema deverá tomar ao detectar um evento?*

Normalmente, existem duas formas de acionamento de alarme: **localmente** e por **videodetecção**.

O **alarme local** é acionado por algum dispositivo físico instalado no local de monitoramento. Geralmente é uma chave de contato seco instalado em portas ou janelas ou um sensor de presença fotoelétrico que alerta sobre a presença de um invasor num local de acesso restrito. Pode ser, também, uma chave colocada na porta do armário que abriga os equipamentos de CFTV, para prevenir tentativas de desligamento ou furto da própria câmera.

O alarme por **videodetecção**, também conhecido por vídeo inteligente ou vídeo analítico, dispara alarmes de acordo com o conteúdo da imagem captada. Por exemplo, pode identificar o momento em que um veículo para na via ou trafega na contramão. É muito útil para aliviar o trabalho do operador, principalmente em sistemas com muitas câmeras, onde não é possível para o operador acompanhar a ação de todas as câmeras ao mesmo tempo. A videodetecção (v. capítulo 12.5) é baseada em **softwares analíticos**, programados para identificar uma ação específica. Estes softwares podem ser instalados no servidor da central ou em módulos ligados à câmera. Também existem câmeras que são fabricadas com software analítico embutido.

O alarme pode disparar de diversas formas:

- Alarme audível no computador do operador;
- Alarme visual, como uma luz piscante no mapa do operador;
- Janela *pop-up* aberta na tela do operador, com mensagem ou vídeo do local;
- Mensagem de texto ou foto enviada ao celular do operador em campo;
- Alerta disparado em uma central de emergência, como os bombeiros ou defesa civil;
- Gravação de imagem disparada pelo evento;
- Movimentação automática da câmera na direção em que o alarme foi disparado (como a porta do armário de equipamentos da própria câmera);
- Exibição de mensagem automática em painel de mensagens variáveis;
- Geração automática de um diário de ocorrências (*log*).

Também são úteis os alarmes de autodiagnóstico. Se uma câmera for desligada ou perder a comunicação com a central, o operador é avisado automaticamente. Alguns sistemas dispõem, também, de um alarme que avisa se a câmera foi movida de sua posição original (por vento, vibrações na via, acidentes, vandalismo), ou se a visibilidade foi reduzida (por fumaça, neblina, chuva etc.).

O alarme também pode ser enviado no sentido contrário. Por exemplo, ao identificar um veículo quebrado, o operador pode utilizar um alto-falante próximo à câmera para solicitar ao motorista que aguarde o socorro no local. Também é importante manter um log de acessos. Cada usuário deve ter sua identificação individual e senha, e todas as operações são registradas em log.

- **Exibição.** *Como as imagens serão vistas?*

No caso de monitoramento ao vivo, o **número de monitores** dependerá do número de câmeras, mas deverá haver um equilíbrio entre o número de operadores e a quantidade de câmeras que eles poderão monitorar de cada vez. Normalmente, o número mais aceito é de **16 câmeras por operador**, mas isto depende de várias circunstâncias. Este número pode ser aumentado se houver pouca ação a ser observada ou se o nível de detalhe exigido não for muito alto. Se o sistema dispõe de detecção automática de incidentes (DAI) com alarmes, o operador também poderá monitorar um número maior de câmeras.

O **número de câmeras por tela** dependerá do tipo de atividade e ser monitorada e do tamanho e resolução do monitor (v. capítulo 16.4). É possível dividir a tela em janelas exibindo várias câmeras ao mesmo tempo (modo mosaico), ou exibir uma câmera de cada vez, em sequência, em tela cheia.

O **tipo de monitor** é uma escolha de tecnologia. Monitores de tubo (CRT) são obsoletos e, atualmente, telas de LCD/LED dominam o mercado. Porém, muitas centrais antigas ainda usam velhos monitores de CRT que precisam ser considerados em centrais que passam por processo de migração de tecnologia analógica para digital. Em sistemas digitais, os monitores de bancada foram substituídos por **estações de trabalho** (computadores com um ou mais monitores), cujos monitores podem ser usados todos para exibição de câmeras ou divididos por função. Por exemplo, um monitor exibe câmeras e outro exibe um mapa da região com a localização das câmeras e pontos com alarmes e ocorrências pendentes.

Também é preciso definir se o monitoramento será feito em monitores de bancada ou em *video wall* (v. capítulo 15.3), ou ambos. Como o video wall é um equipamento caro, é preciso analisar com cuidado sua real necessidade. Muitos operadores preferem usar os monitores de suas estações de trabalho, por estarem mais próximos e por terem mais liberdade para selecionar as imagens que desejam ver. O video wall é mais importante do ponto de vista gerencial, pois o coordenador da central pode ter uma visão mais ampla da situação atual.

Outra forma de exibição é em dispositivos móveis, como smartphones e tablets. É uma forma muito útil para operações em campo, mas é preciso considerar as limitações de banda para a transmissão sem fio. Geralmente é necessário reduzir a qualidade da imagem para ter um acesso em tempo real.

- **Gravação.**

- *Por quanto tempo a imagem gravada deve ser preservada antes de ser sobrescrita?*
- *Qual deve ser a qualidade da imagem gravada em comparação com a imagem ao vivo?*
- *Qual deve ser a taxa de quadros necessária para a imagem gravada?*
- *Quais metadados (informações adicionais) devem ser gravadas junto com o vídeo?*

Em sistemas digitais, os dados de vídeo são gravados em discos rígidos, como em computadores comuns (ou bancos de HDs externos). Estes discos têm uma capacidade de armazenamento limitada. Por isso, gravadores de CFTV digital retêm as imagens somente por algum tempo, substituindo as imagens mais antigas pelas mais recentes quando o disco fica cheio. Para fins de segurança pública, geralmente o **tempo de retenção** recomendável é de 30 dias. Os sistemas digitais, porém, permitem que o período de retenção seja ajustado, dependendo da importância da área a ser monitorada e do tamanho do disco rígido. Se a limitação de espaço for crítica, é possível limitar a gravação a apenas algumas horas por dia ou gravar apenas as ocorrências que poderão requerer uma recuperação posterior. Geralmente, um **período de 14 dias** é suficiente para a maioria das ocorrências. Se necessário, é possível exportar o trecho desejado para um meio externo permanente, como CD ou DVD. Alguns sistemas permitem que certos trechos gravados sejam marcados como importantes, o que impede seu apagamento automático ou acidental.

Quando um vídeo digital é gravado, ele sofre algum tipo de compressão para economizar espaço em disco. Alguns **algoritmos de compressão** conseguem manter a mesma qualidade da imagem original, mas a taxa de compressão é pequena. Para que haja uma compressão que reduza o arquivo gravado de forma considerável, sempre haverá uma redução de qualidade das imagens, em maior ou menor grau. Esta taxa de compressão é ajustável e é recomendável realizar testes comparativos para se estabelecer um meio-termo entre qualidade de imagem e espaço de armazenamento, dependendo do tipo de atividade que se deseja monitorar. A qualidade da imagem é sempre inversamente proporcional à taxa de compressão. Uma taxa muito alta (acima de 70%) pode reduzir tanto a qualidade da imagem a ponto de torna-la inútil (v. capítulo 12.3).

Geralmente, os softwares de gerenciamento de vídeo permitem um ajuste de compressão independente para cada câmera. Assim, podem-se usar imagens menos comprimidas apenas nas câmeras mais importantes. Também é possível fazer ajustes independentes para a **resolução da imagem** e **taxa de quadros**. Se a câmera possuir múltiplos *streams* (fluxos de vídeo), é possível aplicar ajustes diferentes para a imagem ao vivo e o vídeo gravado.

Portanto, para o cálculo do espaço mínimo em disco, é necessário estabelecer o tempo de retenção, a taxa de compressão, a resolução e a taxa de quadros da imagem gravada. Felizmente, muitos fabricantes de produtos de CFTV disponibilizam ferramentas online para estes cálculos (v. capítulo 16.2).

Finalmente, sistemas digitais permitem a gravação não apenas de imagens, mas também de dados de texto adicionais vinculados a elas (**metadados**). Por exemplo: data e hora da gravação (facilitam a localização posterior), número e endereço da câmera. Estes dados são armazenados no próprio arquivo de vídeo e só são exibidos sobre a imagem se esta opção for selecionada. Muitos sistemas também permitem a gravação de marca d'água virtual (para evitar cópias não autorizadas), e informações de auditoria, que permitem verificar se a imagem gravada foi editada, cortada ou adulterada.

Dependendo do volume de vídeo, as imagens podem ser gravadas em bancos de discos rígidos externos ao servidor, chamados *data storages*. Dependendo da importância da preservação dos dados gravados, será preciso especificar um sistema de gravação RAID (Matriz Redundante de Discos Independentes, em inglês). Há vários padrões de RAID, que geralmente envolvem a separação e duplicação dos dados em mais de um HD. O preço do HD pode subir consideravelmente, dependendo o padrão RAID exigido. Portanto, será útil realizar estudos de custo-benefício, balanceando as necessidades de segurança com a verba disponível para o investimento (v. capítulo 16.2).

Uma alternativa que está se tornando cada vez mais comum é o **armazenamento na “nuvem”**. Neste caso, o usuário do sistema de CFTV contrata o serviço de uma empresa que irá armazenar os arquivos remotamente, em seus próprios equipamentos, cobrando um valor mensal proporcional ao volume de dados armazenados. Embora estes serviços não sejam baratos, o cliente deixará de gastar um valor considerável com equipamentos de armazenamento e manutenção.

- **Exportação/Arquivamento.**

- *Como serão exportados os dados para o arquivamento permanente?*
- *Quem irá requisitar acesso aos dados?*
- *Como irão reproduzir o vídeo?*

Um gravador de CFTV deve ter um meio de criar um registro permanente de um incidente para consulta ou análise futura. Num sistema analógico, o processo era simples; bastava copiar o vídeo em uma fita. Num gravador digital, no entanto, o evento precisa ser copiado do disco rígido para algum dispositivo

externo, como CD ou DVD antes que os dados do HD sejam apagados. Portanto, o sistema de CFTV precisa prever alguma forma de exportação.

Um gravador de CD ou DVD é suficiente para gravar cliques curtos de vídeo, de alguns minutos. Para armazenamento em maior escala, existem outras opções:

- HD externo, por meio de porta USB
- Porta de rede
- Data storage

Portas USB ou de rede podem ter várias velocidades, sendo que as mais lentas podem não ser adequadas para transmissão de grande volume de dados. A especificação do sistema deve prever sua conexão permanente à rede, tanto para download/upload de dados quanto para visualização remota ao vivo ou gravada, e a possibilidade de conexão a outros sistemas de CFTV (outras centrais), como parte de uma rede mais ampla.

Alguns fabricantes de equipamentos de CFTV produzem vídeo gravado em formato não padronizado. Por isso, deve-se exigir do fornecedor um software adicional para conversão de formatos, para que o vídeo possa ser assistido num computador comum. O vídeo deve ser exportado em seu formato nativo (sem conversão), para manter a qualidade da imagem original, e nenhuma outra compressão deve ser aplicada durante a exportação.

#### d) Questões de gerenciamento



Figura 140. Questões de gerenciamento.

- **Restrições.** *Que licenças e regulamentações se aplicam a CFTV?*

O uso de CFTV deve se submeter a regulamentações específicas. Por exemplo, é recomendável uma consulta prévia a órgãos como o Conselho de Defesa do Patrimônio Histórico, Arqueológico, Artístico e Turístico — **Condephaat** e o Conselho Municipal de Preservação do Patrimônio Histórico, Cultural e Ambiental da Cidade de São Paulo — **Conpresp**, para garantir que a câmera não irá interferir com algum local ou imóvel tombado.

A conexão com a rede elétrica e o uso de posteamento para o lançamento de cabo aéreo dependem de aprovação da empresa distribuidora de energia elétrica. Para transmissões sem fio, certas frequências de rádio dependem de autorização da Agência Nacional de Telecomunicações — **ANATEL**.

Câmeras para visão noturna, como infravermelhas e térmicas, fazem parte da lista de produtos controlados pelo Exército (v. capítulo 11.2.1).

O uso de câmeras digitais em rede baseia-se em softwares dedicados ao gerenciamento e gravação de imagens. Estes softwares possuem licenças de uso, que precisam ser adquiridas do fabricante. Em geral, estas licenças são vendidas em pacotes para um determinado número de câmeras. Alguns fabricantes também poderão cobrar pelo número de clientes simultâneos e pelo uso softwares analíticos.

- **Aspectos legais.** *Que leis se aplicam ao armazenamento e ao acesso à informação?*

Deve ser observada a legislação geral que pode ser aplicada em sistemas de CFTV, especialmente em relação à privacidade. No Brasil, o artigo 5º, inciso X, da Constituição Federal de 1988 garante o direito à privacidade dos dados do cidadão. A lei municipal nº 13.541/03 exige a instalação de placas de advertência em ambientes monitorados por CFTV (v. capítulo 8.1).

No Reino Unido, os operadores de CFTV precisam ter uma licença específica para monitorar áreas públicas. No Brasil, não há esta exigência, exceto para câmeras de visão noturna, que são de uso restrito, e sua utilização depende de habilitação emitida pelo Exército.

- **Manutenção.**

- *Que manutenção de rotina será necessária?*
- *Quem será o responsável pelos serviços de manutenção?*

Nenhum sistema, por mais avançado que seja, irá funcionar corretamente sem manutenção constante. Deve-se decidir quem será o responsável pelas seguintes atividades:

- Limpeza do equipamento (especialmente a caixa da câmera);
- Reparo ou substituição de equipamento em falha (um tempo mínimo de atendimento deve ser previsto em contrato);
- Registo dos reparos (quem os realizou e que serviço foi realizado);
- Definição da periodicidade da manutenção preventiva;
- Conservação do posicionamento e foco das câmeras;
- Atualização do sistema (a expectativa de vida dos equipamentos deve ser informada para o planejamento de futuras modernizações);
- Garantia dos equipamentos.

Câmeras instaladas em locais de difícil acesso, como no alto de postes, exigem mais cuidados com a segurança da equipe técnica, que possui legislação própria.

- **Recursos.** *Quais são os recursos necessários à operação do sistema?*

Os custos decorrentes da instalação de um sistema de CFTV não se limitam aos equipamentos. Outros custos precisam ser considerados, como:

- Pessoal para operar, gerenciar e manter o sistema;
- Contratos de serviço para manutenção e reparo;
- Alocação do espaço para abrigar a central de operações;
- Mobiliário, sistemas de no-break e ar-condicionado;
- Material consumível;
- Consumo de energia elétrica;
- Custo com treinamento (geralmente embutido no valor do contrato).

## 9.2 OPERAÇÃO

A definição das tarefas a serem desempenhadas pelos operadores ajuda a dimensionar o projeto e os recursos necessários. As tarefas mais comuns aos operadores são resumidas a seguir:

- **Vigilância proativa.** Envolve a detecção, reconhecimento e identificação de incidentes, atividades atípicas ou que exijam alguma ação do operador por meio da observação constante dos monitores.
- **Vigilância reativa.** A atenção do operador é direcionada a uma determinada câmera somente após um alerta externo, como rádio, telefone, e-mail ou videodetecção.
- **Recuperação de vídeo e administração.** Atividades que não exigem atenção imediata do operador, como geração de relatórios e pesquisa em vídeos gravados.

Devem ser definidas e divulgadas a todos os usuários as regras, políticas e procedimentos que devem ser adotados na operação do sistema. Os operadores só poderão ter acesso ao sistema por meio de identificação pessoal e senha. Todas as operações com arquivos, como acesso, gravação e apagamento devem ser registradas automaticamente no log do sistema, com a identificação do usuário.

As imagens (ao vivo e gravadas) e informações obtidas devem se submeter a medidas de segurança apropriadas para impedir o acesso e o uso não autorizados, com regras claras sobre quem pode acessá-las e com que finalidade. É recomendável que a sala de operações possua um controle de acesso restrito ao pessoal autorizado. Imagens gravadas devem ser apagadas tão logo tenham cumprido os propósitos a que se destinam e o prazo previsto de retenção. Imagens arquivadas ou exportadas não devem ser editadas em nenhuma hipótese, pois a qualquer momento podem ser requisitadas como evidência em processos legais. Será preciso estabelecer um prazo para a preservação do arquivo; encerrado o prazo, o arquivo poderá ser apagado, mas nunca editado. Arquivos ou mídias com imagens arquivadas ou impressas não devem ser fornecidas a terceiros, exceto por ordem judicial.

## 9.3 ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

O objetivo básico do projeto de um sistema de CFTV é garantir que os requisitos operacionais sejam alcançados. Uma especificação de projeto deve ser desenvolvida de forma a incluir as especificações de cada item que compõe o sistema, identificando as **funções** que cada equipamento deverá realizar e os critérios de **desempenho** que devem ser atingidos.

Ao receber as especificações do fornecedor, o projetista deverá cruzar seus dados com aqueles que especificou, para verificar se todos os requisitos foram atendidos. Isto requer atenção, pois muitas vezes os fabricantes usam nomenclaturas diferentes para designar a mesma coisa. Algumas vezes, itens de qualidade inferior são omitidos ou descritos de forma incompleta; portanto, tão ou mais importante do que aquilo que está nas especificações do fabricante é aquilo que *não está*. Cabe ao projetista criar uma lista de verificação detalhada, para não deixar escapar algum dado importante.

## 9.4 COMISSIONAMENTO E VALIDAÇÃO

O comissionamento consiste na inspeção e teste do equipamento ou sistema instalado. A entrega deve ser feita após a demonstração do funcionamento ao usuário e a consequente aceitação por parte do cliente. Deve-se conferir se todos os modelos fornecidos estão de acordo com os modelos ofertados e instalados com as características e nos locais previstos em projeto. Durante o comissionamento, é

importante verificar se todas as funções especificadas pelos requisitos operacionais foram atendidas na prática (e não apenas no papel), se os manuais foram fornecidos e se o sistema foi configurado corretamente. Eventualmente, poderá ser necessário o uso de equipamentos de medição específicos, que poderão ser cedidos pelo próprio fornecedor, o que deverá ser previsto no contrato.

Um **procedimento de testes** deverá ser elaborado, baseado nas especificações do sistema, e deverá ser usado para a verificação de todas as funções e o desempenho do sistema. Além da inspeção visual, os principais itens que deverão constar do procedimento de testes são:

- Campo de visão da câmera;
- Nível de detalhes da imagem;
- Nível de iluminação da imagem;
- Resposta a telecomando;
- Qualidade da imagem ao vivo e gravada;
- Tempo de armazenamento fornecido pelo sistema;
- Operação dos alarmes e desempenho do software analítico;
- Conexões e cabeamento;
- Tensão de alimentação;
- Etiquetas de identificação de equipamentos e cabos.

Uma amostra de vídeo de cada câmera deverá ser gravada, exportada e arquivada. Isto será útil como referência de qualidade da imagem e do campo de visão durante as operações de manutenção e ajudarão a reconhecer qualquer mudança ou degradação da imagem ao longo do tempo.

Para a **imagem ao vivo**, é importante certificar-se de que o campo de visão e a qualidade da imagem de cada câmera permitem observar o nível de detalhes desejados. Deve-se verificar:

- A imagem tem a taxa de quadros necessária para a atividade que está sendo monitorada?
- A imagem tem qualidade suficiente para que o operador consiga realizar as tarefas de monitoramento eficientemente?

Para a **imagem gravada**, é fundamental confirmar que não houve uma perda inaceitável de detalhes durante o processo de gravação. Deve-se verificar:

- A imagem tem a taxa de quadros necessária para a atividade que está sendo reproduzida?
- A imagem reproduzida tem qualidade suficiente para que o operador consiga realizar suas tarefas eficientemente?
- A imagem pode ser vista por qualquer pessoa autorizada que precise acessá-la como parte de seu trabalho?
- O conteúdo do sistema pode ser extraído de forma simples, em quantidade suficiente e no formato adequado?

O desempenho do sistema de CFTV deve ser monitorado e aferido regularmente, o que pode ser feito durante a operação de manutenção de rotina. Com os registros de desempenho arquivados criteriosamente, é possível acompanhar a degradação do sistema ou perceber alguma não conformidade com os requisitos do projeto.

Periodicamente, é preciso comparar a imagem atual com as imagens arquivadas durante a implantação da câmera. Com o tempo, é possível que a câmera tenha saído do lugar, galhos de árvore podem ter crescido ou outros objetos podem ter sido colocados, prejudicando a visão da câmera.

## 10. ILUMINAÇÃO

O sentido da visão é a capacidade de perceber luz. A quantidade e a qualidade da luz ambiente são determinantes para uma boa captação de imagem, seja pelo olho ou por uma câmera. Porém, ao contrário do que ocorre num estúdio de fotografia, cinema ou televisão, em CFTV raramente se tem controle sobre a iluminação ambiente. Em ambientes fechados, a iluminação é projetada para atender às necessidades e ao conforto das pessoas que frequentam o local, e não das câmeras. Ao ar livre, a luz ambiente varia entre extremos de sol forte a noites sem lua.

Embora nem sempre seja possível operar nas condições ideais de luz, uma compreensão básica de fontes e níveis de luz, tal como o contraste de cena, será útil para obter o melhor rendimento de cada câmera.

### 10.1 NÍVEIS DE LUZ

A medida de luminosidade em um ambiente é chamada de *iluminamento*, *intensidade de iluminação* ou *iluminância*, cuja unidade de medida é o *lux* (lx), e representa a relação entre o fluxo luminoso (em *lúmens*) que incide perpendicularmente a uma superfície e sua área. Um lux corresponde ao fluxo de 1 lúmen/m<sup>2</sup> (v. mais detalhes no capítulo 11.2.1).

Cenário	Iluminância <sup>64</sup>
<b>Dia de sol forte</b>	10.000 a 100.000 lux
<b>Dia nublado</b>	500 a 10.000 lux
<b>Crepúsculo</b>	5 a 500 lux
<b>Rua iluminada à noite</b>	1 a 5 lux
<b>Noite de luar</b>	0,01 a 1 lux
<b>Céu noturno sem lua</b>	0,0001 a 0,01 lux

Tabela 4. Exemplos de luminosidade ambiente.

O **nível mínimo de luz** depende do tipo de atividade que se deseja observar. Câmeras profissionais de CFTV conseguem operar com níveis de luz bem abaixo de 3 lux, considerado o nível mínimo para operações de segurança. Para monitoramento de tráfego em área urbana, a iluminação pública é, geralmente, suficiente para a maioria das atividades necessárias. Porém, diferentes tipos de iluminação podem afetar a reprodução de cores. O mesmo objeto pode aparecer com diferentes cores, dependendo da fonte de luz. Em ambientes iluminados por lâmpadas de vapor de sódio (amarelas), por exemplo, quase toda a informação de cor é perdida (Figura 141).



Figura 141. Carta de Cores Macbeth sob a luz do Sol (esq.) e sob lâmpada de vapor de sódio.

Fontes muito brilhantes, como o sol forte diretamente na lente, podem danificar o sensor da câmera. Luz forte, ao incidir obliquamente, pode criar um efeito indesejável chamado *flare*, que pode persistir por alguns segundos, mesmo após a remoção da fonte de luz. O Resultado é a diminuição de contraste e

<sup>64</sup> AXIS Communications. *Lighting for Network Video - Lighting Design Guide*. 2010. 14p. e BSIA - British Security Industry Association. *Planning, design, installation and operation of CCTV surveillance systems - Code of practice and associated guidance*. Issue 4, July 2014. 60p.

saturação de cores e perda de detalhes, deixando a imagem pálida e sem profundidade. A simples adição de uma aba ou para-sol acima da janela da câmera pode resolver o problema na maior parte dos casos.

## 10.2 CONTRASTE E FAIXA DINÂMICA

A combinação de áreas muito claras e outras muito escuras na mesma cena poderá resultar em imagens de baixa qualidade, pois a **relação de contraste** num ambiente real é, geralmente, maior do que uma câmera pode captar. Uma relação de contraste de, por exemplo, 1000:1 significa que a parte mais clara da cena é mil vezes mais brilhante do que a parte mais escura. Muitas câmeras de boa qualidade (inclusive modelos amadores) possuem a função de **Controle Automático de Ganho** (AGC em inglês), que tenta compensar o brilho geral da imagem, clareando cenas muito escuras e vice-versa, mas não é muito eficiente quando o contraste é excessivo, clareando ou escurecendo demasiadamente a imagem em áreas onde não deveria fazê-lo. Se a mudança de luminosidade for brusca, o AGC pode ser lento para reagir à nova situação (até 2 segundos). Quando a cena tem áreas muito claras e escuras ao mesmo tempo, o contraste será alto demais para que a câmera processe a imagem de forma eficiente. Como resultado, as áreas escuras ficarão com poucos detalhes perceptíveis. Caso a câmera tente compensar a pouca luz aumentando a abertura da íris (v. capítulo 11.1.4), ocorrerá o oposto, com as áreas claras superexpostas.

A tabela abaixo oferece alguns exemplos de cenários típicos e a relação de contraste estimada.

Tipo de cena	Exemplo	Relação de contraste <sup>65</sup>
<b>Sol/sombra</b>	Estação de trem iluminada pelo Sol, com algumas áreas de sombra	20:1
<b>Interna, iluminada por janela</b>	Saguão com grandes janelas	200:1
<b>Interna escura com uma abertura</b>	Galpão com uma porta aberta para ambiente com sol	2000:1

Tabela 5. Exemplos de iluminação de cena.

A relação de contraste que uma câmera pode captar (ou que um monitor é capaz de exibir) é chamada de **alcançe dinâmico** ou **faixa dinâmica**, cuja unidade de medida é o *decibel* (dB). Uma relação de contraste de 1000:1, por exemplo, corresponde a uma faixa dinâmica de 60 dB (=  $20 \log 1000$ ). Alguns modelos mais sofisticados possuem um controle de faixa dinâmica inteligente, clareando ou escurecendo apenas as regiões da cena que precisam ser compensadas. Esta função é conhecida como **WDR** (*Wide Dynamic Range*, Ampla Faixa Dinâmica). Atualmente, sensores acima de 70 dB são considerados WDR. Com a evolução tecnológica, este limite tende a se ampliar no futuro; já é relativamente fácil encontrar no mercado câmeras acima de 120 dB.



Figura 142. (A) Imagem superexposta: o céu fica quase todo branco e a casa, chapada, com poucos detalhes visíveis. (B) O excesso de brilho pode ser compensado pelo AGC ou pelo fechamento da íris; as nuvens ficam nítidas, mas o resto da imagem fica escuro demais. (C) Resultado com aplicação de WDR.

<sup>65</sup> AXIS Communications. *Wide Dynamic Range - Challenges and solutions*. 2010. 11p.

Mesmo que uma câmera possua ampla faixa dinâmica, a precisão com que a intensidade de luz é traduzida para valores digitais pode limitar a faixa dinâmica útil. O dispositivo que traduz estas grandezas contínuas para valores numéricos discretos é chamado de **conversor analógico-digital (A/D)**. A precisão de um conversor A/D pode ser medida em termos de profundidade de bits; quanto maior a profundidade de bits, maior será o número de tons de luz entre o mais claro e o mais escuro.

Precisão do conversor A/D	Relação de contraste	Faixa dinâmica
8 bits	256:1	48 dB
10 bits	1024:1	60 dB
12 bits	4096:1	72 dB
14 bits	16384:1	84 dB
16 bits	65536:1	96 dB

Tabela 6. Relação da profundidade de bits e faixa dinâmica.

Por exemplo, um conversor com precisão de 10 bits é capaz de traduzir o brilho em uma faixa de 0 a 1023 tons ( $2^{10} = 1024$ ). A maioria das câmeras digitais usa conversores A/D de 10 a 14 bits. No entanto, altas profundidades de bits são usadas mais para suavizar os tons da imagem, pois a faixa dinâmica total geralmente é limitada pelos níveis de ruído. Na prática, a faixa dinâmica de uma câmera digital não chega nem perto do limite teórico do conversor A/D. A maioria das câmeras fica entre 8 e 12 bits (48 a 72 dB), ainda abaixo da sensibilidade da visão humana, que numa cena instantânea pode chegar a 84 dB. Considerando-se que o olho humano é extremamente adaptável (pode mover-se rapidamente para partes claras e escuras da cena, montando uma imagem completa no cérebro) e a abertura da íris pode variar amplamente para dosar a passagem da luz, a visão humana pode chegar a uma faixa dinâmica de até 144 dB (24 bits), embora isto não seja consenso entre os pesquisadores.

Um conversor com maior precisão não significa, necessariamente, maior faixa dinâmica. De fato, a faixa dinâmica pode ser compreendida como a altura de uma escada, enquanto que a profundidade de bits, o número de degraus (ou, conseqüentemente, a altura de cada degrau). A Figura 143 exemplifica isso.

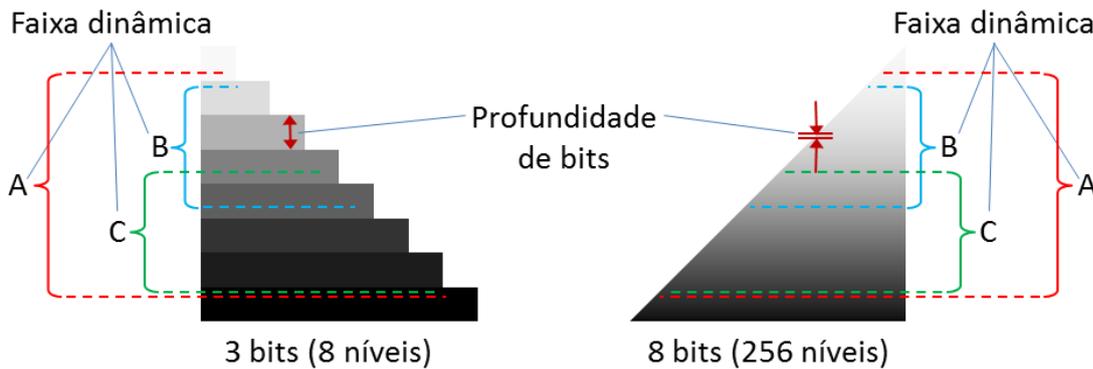


Figura 143. Faixa dinâmica e profundidade de bits.

O desenho da esquerda representa um conversor A/D com profundidade de bits mais baixa do que o da direita, enquanto que **A**, **B** e **C**, diferentes faixas dinâmicas. Em ambas as figuras, a faixa dinâmica **A** é maior do que **B** e **C**. Apesar disso, as faixas **B** e **C** da figura da direita exibirão uma imagem com mais riqueza de detalhes do que a faixa dinâmica **A** da figura da esquerda. A diferença entre **B** e **C**, que têm a mesma faixa dinâmica, é que **C** teve o ganho do sensor ajustado para captação em ambiente mais escuro.

Há casos em que o ambiente é bem iluminado, mas com uma fonte de luz única, que projetará sombras fortes, onde pouco detalhe será perceptível. Por isso, uma área com mais de uma fonte de luz de média intensidade ficará mais bem iluminada do que com uma única fonte artificial intensa. Em controle de tráfego, o excesso de contraste é comum em cenas noturnas, devido aos faróis dos carros contrastando com o fundo escuro, ou quando o Sol está baixo no horizonte. Em túneis, a iluminação não costuma ser uma preocupação, já que o ambiente é controlado, tem iluminação constante e não está sujeito a chuva ou neblina. Porém, se a câmera estiver voltada para o emboque ou desemboque, a luz do dia terá um contraste tão intenso comparado ao interior do túnel que a imagem será quase inutilizável caso não se utilize uma câmera com ampla faixa dinâmica.

# 11. CÂMERA

O olho humano é um instrumento complexo. Consegue captar uma grande faixa de cores com boa definição, tem uma lente grande-angular flexível (o cristalino) que consegue ajustar o foco desde alguns centímetros até o infinito, consegue regular a entrada de uma quantidade maior ou menor de luz por meio do controle de abertura da íris (o que permite a visão mesmo com pouquíssima luz) e perceber objetos em movimento rápido; possui um bom ângulo de visualização e, aos pares, permite visão tridimensional. Assim, atende bem a quase todas as necessidades comuns do ser humano.

As câmeras de vídeo ainda não têm a versatilidade e a qualidade de imagem do olho de uma pessoa de visão normal. Embora a maior parte das câmeras seja projetada para desempenhar as mesmas funções do olho humano, uma vantagem sobre a visão humana é a possibilidade de se desenvolver câmeras com finalidades específicas, impossíveis de se obter a olho nu. Alguns exemplos:

- Com lentes macro ou acopladas a microscópios, para captar o que é muito pequeno;
- Com lentes teleobjetivas, para captar o que está distante;
- Com lentes de 360°, para captar o que está fora do campo de visão humano;
- Com altas taxas de quadros, para flagrar o que é muito rápido;
- Com time-lapse, para acompanhar o que é muito lento;
- Com sensores infravermelhos ou de alta sensibilidade, para ambientes com pouca luz;
- Com sensores ultravioleta, para captar detalhes e composição de estrelas;
- Com sensores infravermelhos e ultravioleta, para captar radiação invisível a olho nu;
- Com filtros ópticos, para ambientes com luz excessiva ou reflexos;
- Com sensores térmicos, para ambientes totalmente escuros;
- Com sensor de raios X, para ver através de objetos opacos.

Ao congelar um quadro ou tirar uma foto, uma câmera pode parar o tempo. Também é possível voltar no tempo: câmeras acopladas a telescópios e radiotelescópios podem captar a luz de estrelas que explodiram há bilhões de anos.

Câmeras também podem ir a lugares onde a presença humana é impossível, improvável ou perigosa, como satélites e sondas espaciais, o fundo do mar ou o interior de vulcões, zonas de guerra ou campos minados, áreas com vazamento de gases tóxicos ou radioatividade, escombros de desabamentos, interior de tubulações e até dentro do corpo humano.

Câmeras de CFTV podem se apresentar em várias formas, conforme a finalidade e o ambiente em que vão ser instaladas (Figura 144).



Fotos: 1-Sony Electronics; 2-Vicon Industries; 3-Avigilon; 4-American Dynamics/Tyco International; 5-Flir Systems; 6-Pelco by Schneider Electric; 7-Samsung Technwin America; 8-Bosch Security Systems; 9-JVC Kenwood Corporation; 10- do autor; 11-Dahua; 12-Axis

Figura 144. Exemplos de câmeras de CFTV.

Não vamos tratar aqui de câmeras de televisão broadcast, de cinema, de uso recreativo, amador ou em celulares, pois as opções beiram o infinito. Para CFTV, os principais tipos são relacionados a seguir, conforme suas características físicas e funcionais:

- **Abrigo:** caixa, *bullet*, domo, embutida;
- **Ambiente:** interno, externo, com limpador, com aquecimento, com refrigeração;
- **Proteção:** grau IP, antivandalismo, à prova de explosão;
- **Movimento:** fixa, PTZ (*pan-tilt-zoom*), embarcada, drone;
- **Montagem:** avulsa, conjunto integrado, conjunto múltiplo;
- **Fixação:** topo, lateral, teto, parede, quina, parapeito, camuflada;
- **Captação:** colorida, monocromática, dia-noite, infravermelha, térmica;
- **Geração:** analógica, digital;
- **Resolução:** VGA, HD 720, HD 1080;
- **Lente:** fixa, grande-angular, 360°, varifocal, zoom;

- **Iluminação:** sem iluminador, com iluminador de luz visível, com iluminador infravermelho;
- **Transmissão:** com ou sem fio, via IP, via sinal analógico.

Câmeras fixas do tipo *bullet* têm seus componentes — câmera, lente, caixa e suporte — integrados num conjunto cilíndrico e compacto, pronto para instalação. Câmeras do tipo *box* podem ser instaladas em caixa com suporte fixo ou sobre pan-tilt. Portanto, podem ser usadas tanto como fixas quanto móveis.

O **sensor** (v. capítulo 11.2) e a **lente** (v. capítulo 11.1) são os principais componentes da câmera. São eles que determinam as características mais importantes, como a resolução, o campo de visão e a sensibilidade à luz. A posição da câmera, a tecnologia (analógica ou digital) e a forma de transmissão também são fatores importantes a serem considerados.

## 11.1 LENTE

A lente tem a função de focalizar a imagem no sensor da câmera. A escolha da lente irá definir o campo (ângulo) de visão e a quantidade de luz que atinge o sensor. Em CFTV, é comum a lente e a câmera serem fornecidas separadamente (lente intercambiável), o que dá ao projetista mais liberdade para adequar o conjunto câmera/lente às necessidades do projeto. Modelos de câmera que já são fornecidos com lente costumam ser mais compactos e tornam o projeto mais simples para o projetista menos experiente. Porém, há menos opções de combinação lente/câmera.

As lentes intercambiáveis se encaixam no corpo da câmera por meio de rosca. É preciso atenção ao adquirir uma lente com o mesmo tipo de encaixe que a câmera. As montagens de encaixe mais comuns são C e CS, que têm a mesma aparência, mas a montagem CS posiciona a lente a 12,5 mm do sensor, enquanto que na montagem C, a lente fica a 17,5 mm do sensor. Por isso, é possível encaixar uma lente de montagem C em uma câmera CS, por meio de um anel espaçador de 5 mm, mas não o inverso (Figura 145).



Figura 145. Lente fixa de 12 mm, f/1.2, de montagem C e adaptador de C para CS.

Dependendo da aplicação, é possível também utilizar lentes para finalidades específicas, como para câmeras com sensor infravermelho e megapixel. Também é possível diversificar e ampliar as aplicações de uma câmera ou lente por meio de acessórios, como filtros. O filtro polarizado, por exemplo, permite a passagem total ou parcial de luz polarizada, podendo bloqueá-la completamente, dependendo do ângulo aplicado (mais informações sobre luz polarizada nos capítulos 6.5.2.5 e 15.2). Uma das aplicações de um filtro polarizado é a redução do reflexo em vidro (Figura 146). Poderia ser usado, por exemplo, para verificar se táxis trafegando em faixas de ônibus estão transportando passageiros. É uma possibilidade teórica, ainda não testada, pois só funcionaria num ângulo específico, de difícil ajuste.



Figura 146. Lente com filtro polarizado (dir.) reduz grande parte do reflexo no para-brisa e permite ver o interior do veículo.

### 11.1.1 DISTÂNCIA FOCAL

O principal parâmetro a ser especificado em uma lente é a **distância focal**. Num sistema óptico em que raios de luz paralelos atingem perpendicularmente o plano da lente, o *ponto focal* será o local para onde convergem estes raios. A *distância focal* é a distância entre o ponto focal e a lente. Na Figura 147, temos a comparação entre duas lentes convergentes de mesmo diâmetro e feitas do mesmo material. A lente **B** tem raio de curvatura maior que **A** e, portanto, maior distância focal.

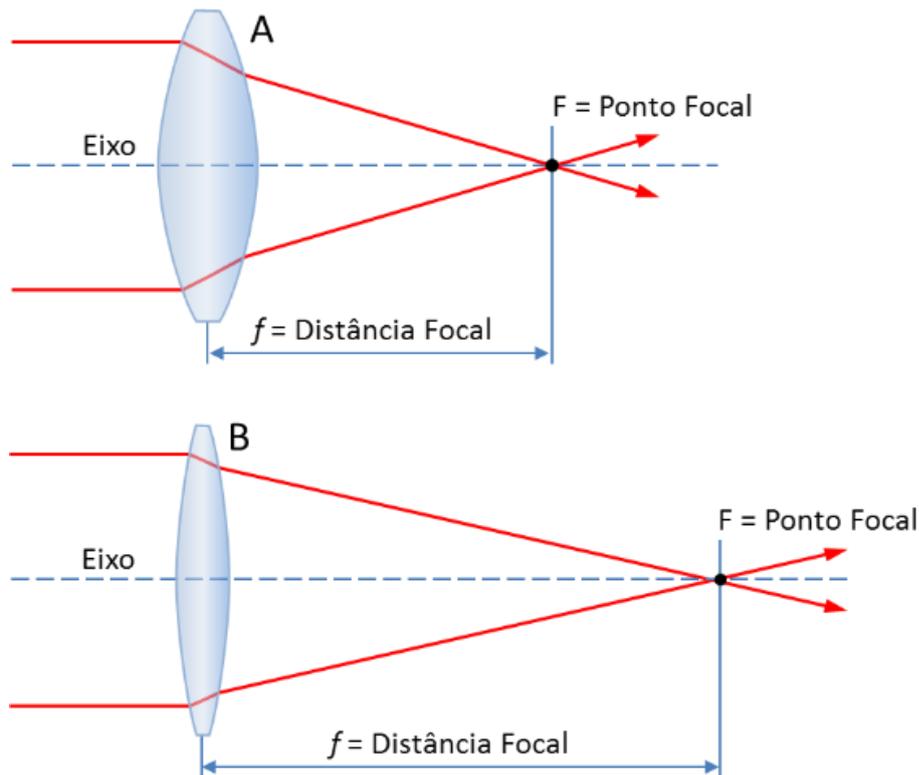


Figura 147: duas lentes convergentes de diferentes raios de curvatura.

A distância focal ( $f$ ) é definida pelos raios de curvatura frontal e traseiro da lente ( $R_1$  e  $R_2$ , respectivamente), da sua espessura no centro ( $d$ ) e de seu índice de refração ( $n$ ), que depende do material de que é feita. O índice de refração é dado pela razão entre a velocidade da luz no vácuo (299.792.458 m/s) e a velocidade da luz no material. Os índices de refração típicos dos vidros *crown* e *flint*, usados em lentes, são 1,52 e 1,62, respectivamente.

O valor de  $f$  pode ser calculado pela equação a seguir:

$$\frac{1}{f} = (n - 1) \left[ \frac{1}{R_1} - \frac{1}{R_2} \right] + \frac{(n - 1)d}{nR_1R_2}$$

No caso de lentes convergentes (convexas), a imagem é formada atrás da lente, chamada de *real*, e é invertida em relação ao objeto. Em lentes divergentes (côncavas), a imagem se forma à frente da lente, é chamada de *virtual* e não é invertida. Em câmeras de CFTV, são utilizadas somente lentes convergentes. Para a obtenção de uma imagem nítida (em foco) do objeto, o sensor da câmera é posicionado no plano de imagem, onde a imagem real é formada.

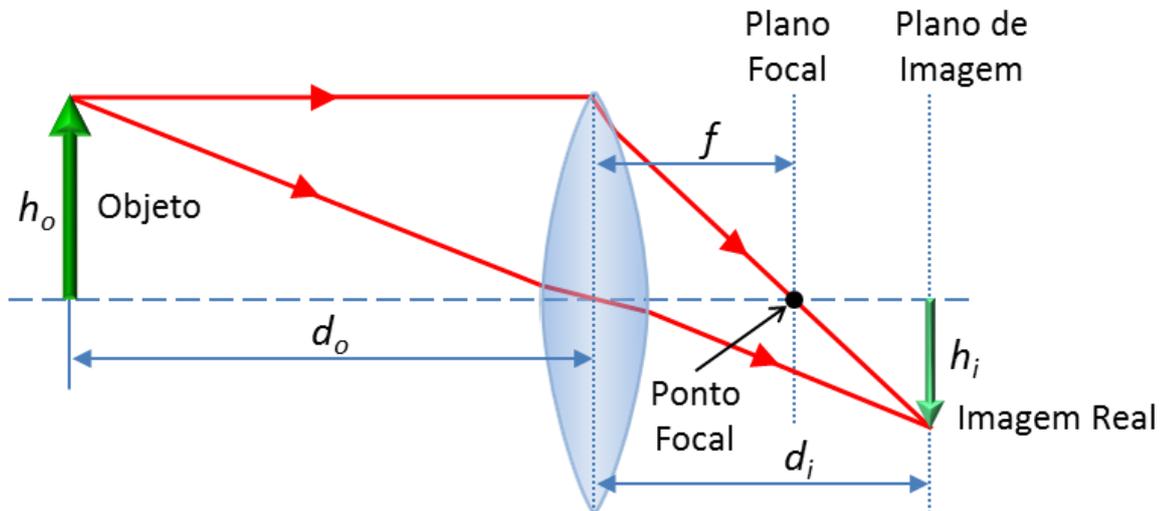


Figura 148. Formação da imagem real em uma lente convergente.

O **fator de ampliação** de uma lente é a relação entre o tamanho do objeto e sua imagem formada pela lente:

$$M = -\frac{d_i}{d_o} = \frac{h_i}{h_o}$$

Para imagens reais,  $M$  é negativo, e para imagens virtuais, é positivo. Para lentes de câmeras, porém, por tradição, convencionou-se inverter os sinais. Como  $h_o$  e  $d_o$  podem ser medidos diretamente, mas  $h_i$  e  $d_i$  não, é possível calcular o fator de ampliação de outra forma:

$$M = \frac{f}{f - d_o}$$

O valor da distância focal  $f$  é sempre informado pelo fabricante e impresso na borda da lente.

## 11.1.2 CAMPO VISUAL

O **campo visual**, **campo de visão** ou **ângulo de visão** é a parte do cenário capturada pela câmera. O campo visual é determinado por três elementos: a lente, o sensor da câmera e a posição da câmera em relação à cena. Os dois últimos têm pouca margem de ajuste; por isso, a lente torna-se o fator determinante para o campo de visão. Note-se que, quanto maior o campo visual, menor será o tamanho aparente dos objetos da cena. Na prática, é a distância focal que determina o ângulo de visualização da cena e, por consequência, a capacidade de “aproximar” o objeto da câmera.

Como os sensores são retangulares, os ângulos de visualização horizontal e vertical têm valores distintos (Figura 149). Quanto mais “fechado” (agudo) é o ângulo, maior será a aproximação aparente da cena e os objetos parecerão maiores. Ângulos mais abertos ampliam o campo de visão, e são usados para dar uma visão geral da cena. A Figura 149 também mostra os tipos de lente mais comuns, conforme o ângulo de visualização:

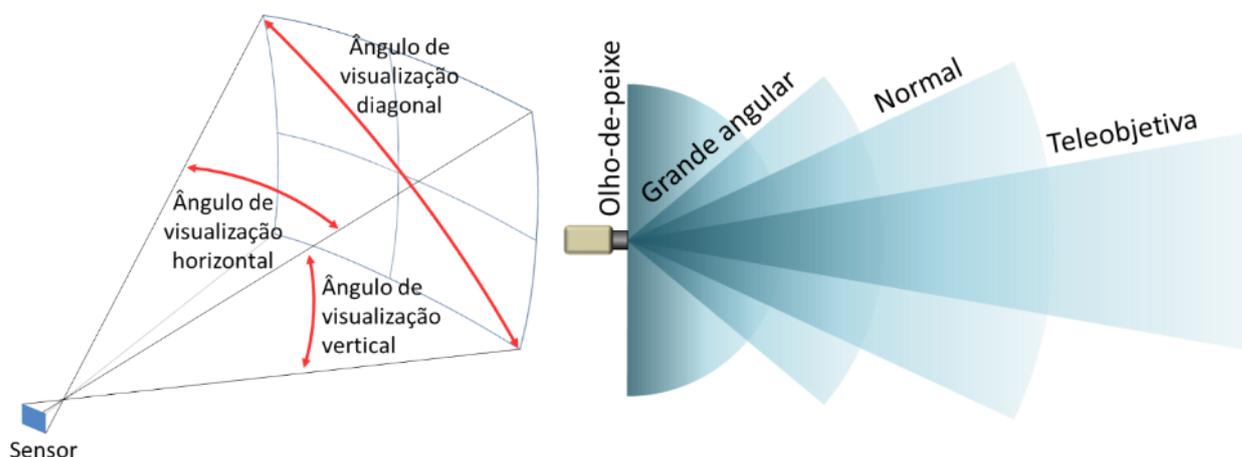
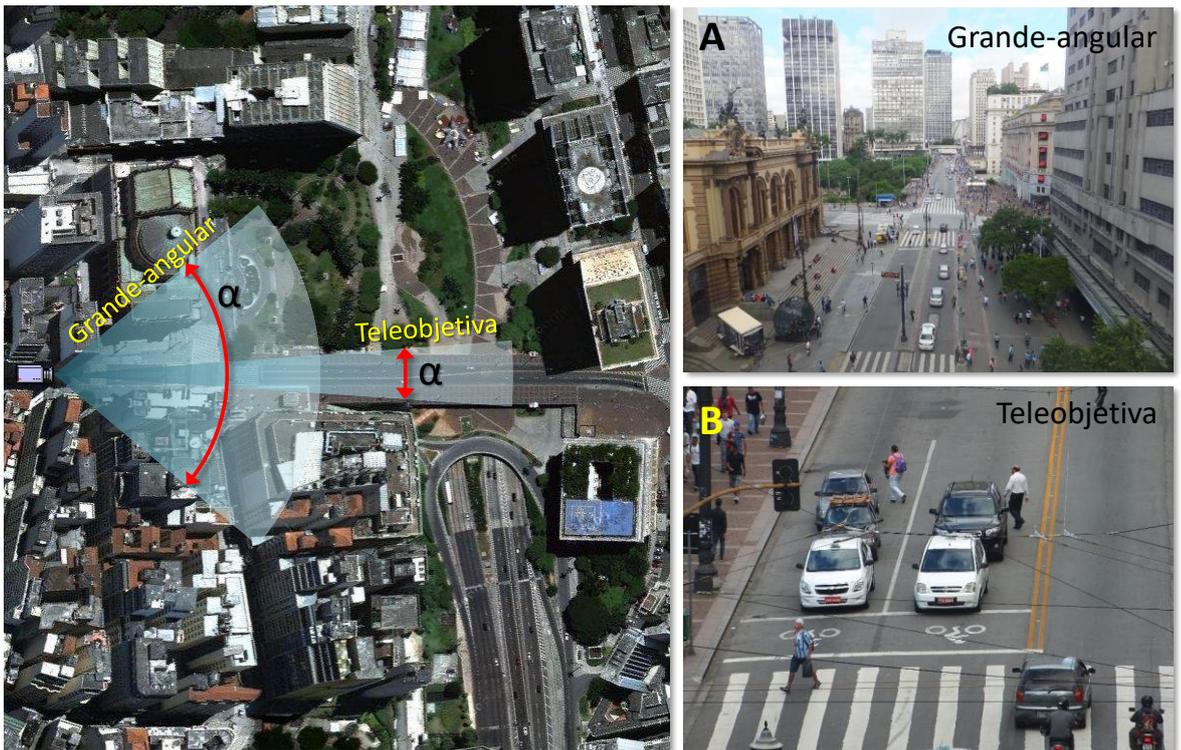


Figura 149. Ângulos de visualização (esq.) e tipos de lentes mais comuns conforme o ângulo de visualização (dir.).

- **Olho-de-peixe** (até 180°): usada em ambientes pequenos, gera imagens com grandes distorções;
- **Grande-angular** (entre 64° e 114°): para obtenção de uma visão ampla da cena;
- **Objetiva normal** (entre 40° e 62°): procura reproduzir o ângulo de visão do olho humano;
- **Teleobjetiva** (abaixo de 40°): para objetos distantes ou detalhes de objetos próximos.

Também são comuns lentes para finalidades específicas, como *macro*, para objetos muito pequenos ou muito próximos, e *panorâmicas*, que podem chegar a 360°.

Uma vez determinados a área de interesse, a atividade a ser monitorada, os critérios de observação e a velocidade dos objetos a serem observados, é possível determinar o campo visual mais adequado.



Fotos: Google (esq.) e do autor (A e B)

Figura 150. Comparação entre os campos visuais de uma lente grande-angular (A) e uma teleobjetiva (B).

A Figura 150 exemplifica a relação entre o ângulo de visualização ( $\alpha$ ) e a distância focal. Na foto **A**, foi utilizada uma lente com distância focal ( $f$ ) de 4,4 mm. Na foto **B**, a distância focal é de 66 mm. Como 66 dividido por 4,4 são 15, diz-se que a relação de aproximação entre **B** e **A** é de 15 vezes. Para efeito de comparação, a distância focal do olho humano é de aproximadamente 22 mm. Note-se que o ângulo de visualização e a distância focal são inversamente proporcionais. Esta relação não é linear e pode ser obtida pela equação:

$$\alpha = 2 \operatorname{arctg} \frac{d}{2f}$$

Onde  $d$  é a dimensão do sensor na mesma direção de  $\alpha$  (vertical, horizontal ou diagonal). Segundo o manual da câmera utilizada aqui, o sensor mede  $\frac{1}{2}$  polegada (12,7 mm) na diagonal e tem proporção 4:3. Portanto, o sensor mede 10,16 mm de largura por 7,62 mm de altura. Aplicando-se a equação anterior para a Figura 150-A:

$$\alpha = 2 \operatorname{arctg} \frac{10,16}{2 \times 4,4} = 98,2^\circ$$

Aplicando-se a mesma equação para a Figura 150-B,  $\alpha = 8,8^\circ$  na horizontal. Para o cálculo do ângulo na vertical, basta trocar o valor horizontal de  $d$  (10,16 mm) pelo vertical (7,62 mm). Note-se que o ângulo de visualização depende do tamanho do sensor. Como as lentes têm forma circular e os sensores, retangular, parte da imagem que passa pela lente não é captada pelo sensor (em azul na Figura 151).

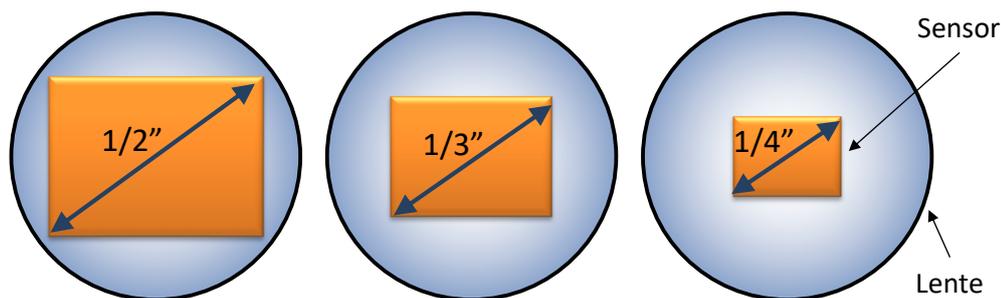


Figura 151. Diversos tamanhos de sensores para a mesma lente.

Portanto, não basta definir a distância focal ao se especificar uma lente, pois lentes iguais podem resultar em ângulos de visualização diferentes, dependendo do tamanho do sensor. Por isso, para se fazer uma especificação que não dependa do tamanho do sensor, é recomendável especificar o ângulo de visualização em vez da distância focal. Vários fabricantes de câmeras oferecem calculadoras que ajudarão neste cálculo:

<[http://www.axis.com/techsup/cam\\_servers/lens\\_calculators/index.htm](http://www.axis.com/techsup/cam_servers/lens_calculators/index.htm)>

<<http://www.pelco.com/sites/global/en/sales-and-support/downloads-and-tools/tools/lens-calc.page>>

<<http://www.longrangecamera.com/EV3000IR.html>>

<[http://ssbu-t.psn-web.net/Useful\\_tool/Calculator/LensCal/lensecalculator.html](http://ssbu-t.psn-web.net/Useful_tool/Calculator/LensCal/lensecalculator.html)>

<[http://www2.boschsecurity.us/lens\\_calculator.zip](http://www2.boschsecurity.us/lens_calculator.zip)>

<<http://www.americandynamics.net/calculators/illustra-Lens-Calculator.html>>

<<http://www.vicon-security.com/424ad592-4fc6-499d-8c6f-750a03e3f643/download.htm>>

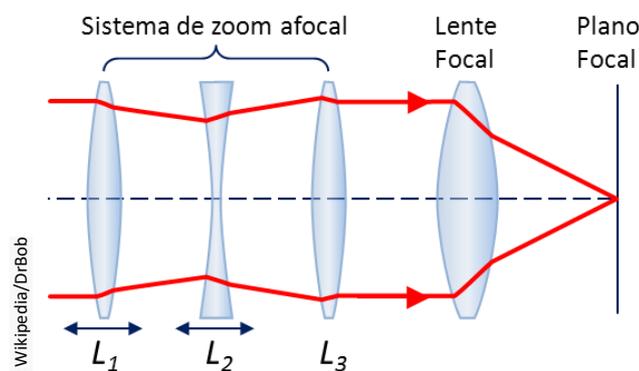
<<http://www.milestonesys.com/Support/Presales-Support/Lens-Calculator/>>

### 11.1.3 LENTES ZOOM E VARIFOCAL

Ainda no exemplo da Figura 150, as imagens **A** e **B** poderiam ter sido obtidas com duas lentes de **distância focal fixa** (ou unifocais), de 4,4 mm e 66 mm. Porém, foi utilizada uma lente de distância focal variável, ou **varifocal** de 15 vezes. Outro tipo de lente de distância focal variável é a lente **zoom**. A principal diferença entre a lente varifocal e a lente zoom (ou *parfocal*), é que na primeira, o foco varia junto com a distância focal, enquanto que a última mantém o foco, isto é, graças a mecanismos móveis internos (geralmente acionados por motor elétrico), o ajuste de foco acompanha automaticamente a variação da distância focal, mantendo a imagem sempre em foco (Figura 153). Isto é possível graças a um conjunto de lentes chamado *afocal*, um sistema cujos pontos focais se dirigem ao infinito (Figura 152). Na lente varifocal, o ajuste do foco é feito *após* a alteração da distância focal. Isto pode ser feito manualmente ou por sistemas de *autofoco* (AF), que utilizam ultrassom, luz infravermelha ou análise de imagem para o ajuste do foco. Câmeras PTZ de CFTV utilizam lentes zoom controladas a partir da central de operações. Em CFTV, lentes varifocais são usadas, geralmente, em câmeras fixas. Uma vez ajustada a abertura manualmente, o ajuste é mantido fixo.

A Figura 152 mostra uma lente zoom opticamente compensada simples (as mais complexas podem ter até 30 lentes; algumas delas são usadas para corrigir distorções e aberrações da imagem). O sistema afocal é composto de uma lente divergente ( $L_2$ ) entre duas lentes convergentes de mesma distância focal ( $L_1$  e  $L_3$ ). A distância focal da lente divergente é menos da metade das lentes convergentes. A lente  $L_3$  é fixa, enquanto que as outras duas se movem, mantendo uma relação fixa, não linear, em relação uma a outra. Este movimento geralmente é feito por um mecanismo complexo de engrenagens e eixos excêntricos

dentro do corpo da lente, embora algumas lentes mais modernas utilizem servomotores controlados por computador.



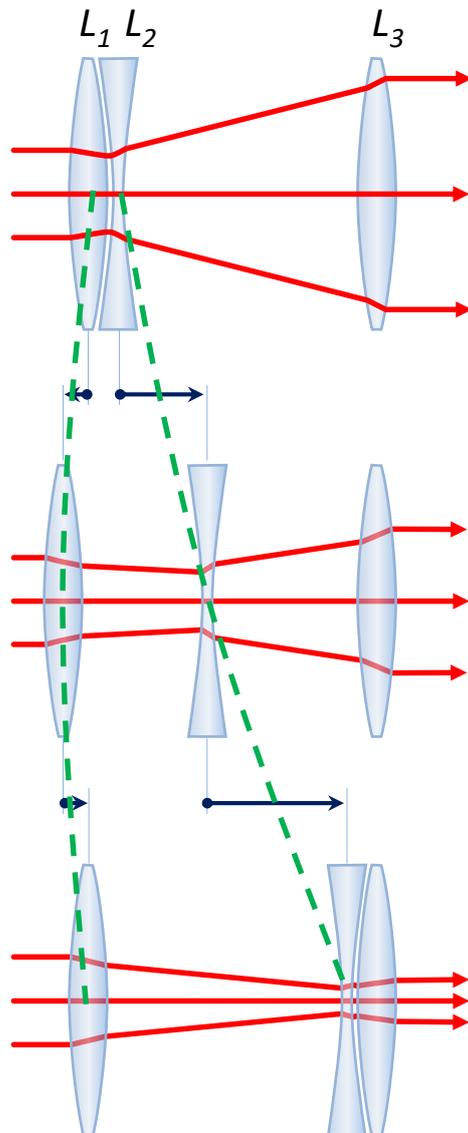
Fonte: Wikipedia/DrBob

Figura 152: lente zoom simples. O conjunto afocal é composto das 3 lentes  $L_1$ ,  $L_2$  e  $L_3$ .  $L_1$  e  $L_2$  podem se mover, alterando a distância focal de todo o sistema.

Enquanto a lente  $L_2$  se move para frente,  $L_1$  move-se para trás e depois para frente num arco de parábola (linhas verdes, na Figura 153). Ao fazer isso, o fator de ampliação angular geral do sistema varia, alterando a distância focal efetiva da lente zoom. Em cada um dos três pontos mostrados na figura, o sistema de três lentes é afocal (a luz não é convergente nem divergente), e, portanto, não altera a posição do plano focal da lente (as linhas vermelhas entram e saem paralelas). Entre esses pontos, porém, o sistema não é exatamente afocal, mas a variação da posição do plano focal é tão pequena (aprox.  $\pm 0,01$  mm) que não chega a prejudicar a nitidez da imagem. Quando o zoom está totalmente aberto, diz-se que está em modo grande-angular (*wide*); no extremo oposto, está em modo teleobjetiva ou telefoto (*tele*). Estes modos costumam ser abreviados como **W** e **T**. (Veja vídeo de exemplo neste [link](#)<sup>66</sup>.)

Muitas câmeras (principalmente amadoras) vendidas como dotadas de lente zoom, possuem, na verdade, lente varifocal, que são mais simples, leves e baratas. Com o recurso de autofoco, a operação de uma lente varifocal é virtualmente igual à de uma com zoom parfocal.

Embora a lente zoom seja uma ferramenta útil para “aproximar” (aparentemente) o objeto da câmera, seu efeito na cena não é o mesmo que uma aproximação real. A Figura 154 mostra a diferença de perspectiva quando se usa uma aproximação via zoom (**A**) e uma aproximação real (**B**). Nos dois casos, Shakespeare e Salvador Dalí são mantidos na mesma posição. Em **A**, como a câmera está distante dos objetos, o ângulo de visualização dos dois personagens é quase o mesmo, fazendo com que aparentem ter quase o mesmo tamanho quando vistos por uma lente zoom fechada. Em **B**, a câmera é aproximada fisicamente dos personagens, de forma que Shakespeare aparenta ter a mesma altura em ambas as imagens. Porém, Dalí aparenta estar muito menor, apesar de não ter mudado de posição e de ambos terem o mesmo tamanho. Isto ocorre devido à diferença no ângulo de visualização de cada personagem.



Fonte: DrBob/ Wikipedia

Figura 153. Sistema de zoom afocal.

<sup>66</sup> Vídeo em <<https://youtu.be/jwVpLVINWmE>>

No monitoramento normal de tráfego, isto não chega a ser um problema, mas, se a câmera for usada para fiscalização, a diferença de perspectiva — ou paralaxe — pode causar erro de medição. O posicionamento da câmera em local alto e centralizado em relação à pista irá minimizar o problema.

Em monitoramento de tráfego, lentes zoom potentes são uma ferramenta poderosa, mas é preciso atentar para certas limitações. Quanto maior a distância entre a câmera e o objeto, mais espessa é a camada de ar entre eles, o que deixa a imagem mais pálida, com pouco contraste, especialmente em regiões poluídas ou em dias chuvosos. Além disso, quanto menor o ângulo de visualização, mais perceptíveis serão as pequenas vibrações causadas por vento e pela passagem de veículos pesados, deixando a imagem tremida. Alguns modelos de câmera possuem estabilizador de imagem, que compensam, pelo menos em parte, as vibrações (v. capítulo 14.1).

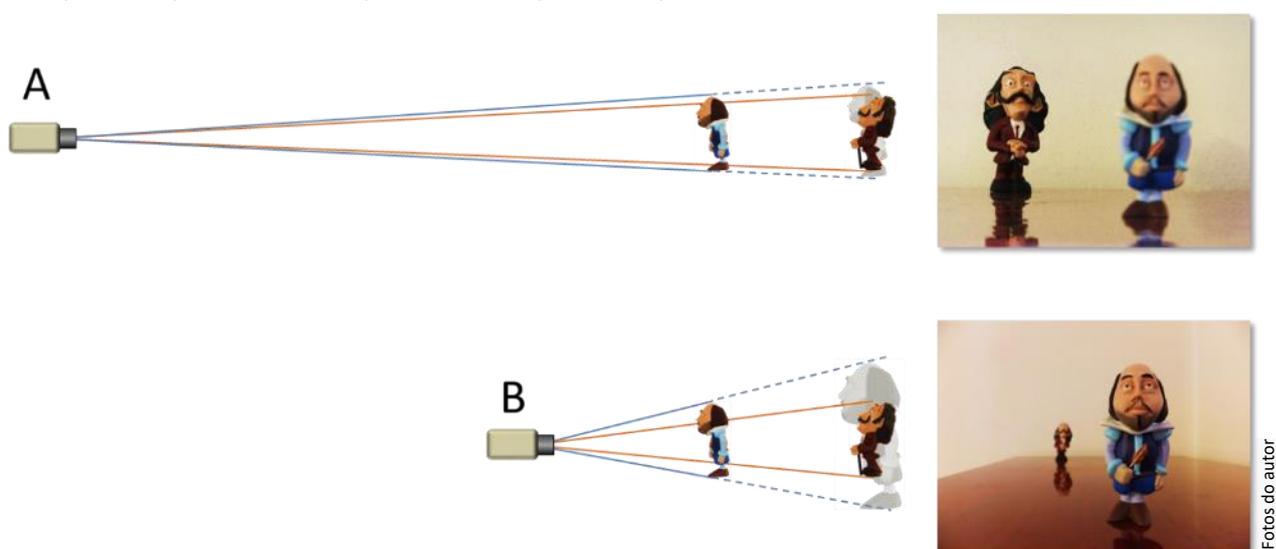


Figura 154. Alterações de perspectiva em relação à posição da câmera e ao nível de zoom.

Lentes de distância focal variável são mais versáteis do que as fixas. Porém, lentes fixas são mais leves, não possuem partes móveis, alcançam ângulos de abertura maiores, permitem a passagem de maior quantidade de luz e geram menos distorções (especialmente nas bordas). Por serem mais simples, lentes fixas possuem *abertura* máxima maior (menor *número-f*) do que lentes zoom (v. capítulo 11.1.4).

Até agora só falamos de **zoom óptico**, que não deve ser confundido com o **zoom digital**. O zoom óptico é sempre executado por uma lente. O zoom digital é resultado do processamento da imagem, que pode ser realizado na câmera ou no software de exibição do vídeo. Portanto, zoom digital não é zoom na definição mais estrita do termo.

Uma ampliação por zoom óptico é apenas o resultado do fechamento do ângulo de visualização. Portanto não há perda de qualidade da imagem (exceto por distorções quase imperceptíveis causadas por pequenas deformações ou impurezas na lente). O zoom digital funciona como um “recorte” de imagem, que é ampliado posteriormente, simulando o zoom óptico. Como o recorte é menor do que a imagem inteira, a quantidade de informações de um zoom digital será sempre menor do que a do todo. Embora o software que produz o zoom digital utilize algoritmos para melhorar artificialmente a resolução da imagem, o resultado será sempre inferior ao do zoom óptico.



Figura 155. Comparação entre zoom óptico e zoom digital, ambos com fator de 8 vezes.

Porém, uma lente zoom — ou mesmo varifocal — é um dos itens mais caros de uma câmera, às vezes mais caro do que a câmera propriamente dita. Por isso, quase todas as câmeras de CFTV e todos os softwares de monitoramento possuem zoom digital. Câmeras com lente zoom óptica geralmente possuem, também, zoom digital. Nesse caso, o fator de zoom da câmera é o fator do zoom óptico multiplicado pelo digital. Na prática, a câmera aciona primeiro o zoom óptico até seu limite máximo (tele), para depois aplicar o zoom digital.

Apesar da qualidade inferior, o zoom digital é útil na aplicação do recurso de **PTZ virtual**. O PTZ virtual é uma simulação da aplicação do mecanismo de PTZ sobre uma imagem gravada ou proveniente de uma câmera fixa de alta resolução. Para isso, aplica-se o zoom digital sobre a imagem digital, como numa janela, e movimenta-se esta janela pela imagem, como num pan-tilt mecânico (v. capítulo 11.4).

A qualidade do zoom óptico, porém, está fortemente relacionada com a resolução da imagem. Um zoom digital aplicado em uma câmera de alta resolução — dentro de certos limites — pode ser equivalente ao zoom óptico de uma câmera com resolução inferior.

### 11.1.4 ÍRIS: ABERTURA E NÚMERO-F

A **abertura** é o orifício do diafragma por onde passa a luz através da lente. O diafragma é um dispositivo mecânico cuja função é impedir (*stop*) a passagem da luz, exceto pela abertura. Diafragmas com diâmetro de abertura ajustável são chamados de **íris**. A quantidade de luz que pode passar pela abertura é medida por uma escala chamada **número-f** (ou *f-number*, *f-stop* ou abertura relativa). Quanto menor o número-f, maior será a quantidade de luz que atinge o sensor. O número-f ( $N$ ) é dado pela relação entre a distância focal ( $f$ ) e o diâmetro da abertura ( $D$ ):

$$N = \frac{f}{D}$$

O número-f é geralmente expresso por um número adimensional precedido por “f/” ou “1:” impresso na lente. Muitas lentes possuem abertura ajustável por lâminas móveis. Os valores geralmente seguem uma escala padronizadas de potências de dois. Em modelos mais sofisticados, a escala pode ser subdividida em metades, terços ou quartos.

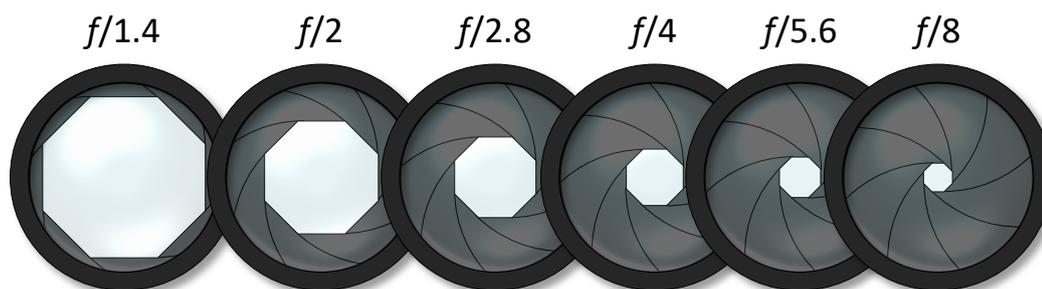


Figura 156. Íris com exemplo de uma escala decrescente de aberturas. Cada abertura permite a passagem de metade da luz da anterior.

A abertura não afeta apenas a passagem de luz, mas também a extensão da profundidade de campo, que é o espaço onde o objeto da cena está em foco. Em CFTV, como o objeto monitorado geralmente está longe da câmera, o foco é ajustado para infinito, tornando a profundidade de campo uma preocupação menor. Em CFTV é mais comum encontrarmos lentes com abertura fixa em câmeras instaladas em ambientes fechados. No entanto, ao ar livre, onde há grande variação de luz, são usados modelos com íris ajustável. Também são usadas no caso de lentes zoom de grande aproximação, pois a quantidade de luz captada no modo tele é muito menor do que em grande-angular. Por isso, lentes de íris ajustável são utilizadas para compensar a variação da entrada de luz. Embora haja lentes com ajuste manual, em CFTV profissional a maioria dos modelos possui ajuste automático motorizado, chamado **autoíris**.

Há dois tipos de autoíris: *DC-drive* e *video-drive*. O primeiro utiliza um sinal de vídeo da câmera para ajustar a abertura da íris. O segundo baseia-se na intensidade do brilho da imagem para regular a abertura. Em uma lente do tipo DC-drive o circuito está dentro da câmera, enquanto no tipo video-drive está no interior da própria lente. Em ambos os casos, é necessário um cabo para a conexão elétrica entre a lente e a câmera.



Figura 157. Lente zoom de distância focal entre 5,7 mm e 57 mm (relação de 10x), abertura 1:1.2 e montagem CS.

## 11.2 SENSOR

Depois de atravessar a lente, a luz proveniente da cena que está sendo captada atinge o sensor de imagem. O sensor é composto de uma matriz de elementos de imagem, os pixels, que reagem à presença de luz por meio de uma tensão elétrica. Quanto maior a intensidade da luz, maior será o nível da tensão gerada. Um conversor analógico-digital converte o valor da tensão, que é analógico, em um número, que será processado pelos circuitos internos da câmera.

O sensor de imagem é o responsável pelos principais parâmetros de uma câmera de vídeo: **resolução**, **sensibilidade** e **taxa de quadros**. O tamanho do sensor também pode influenciar na qualidade da imagem. Em geral, quanto maior o sensor, menor o nível de ruído na imagem e maior o seu alcance dinâmico. Comparando-se dois sensores de mesma resolução, o sensor menor terá pixels menores. Se o pixel é menor, menos luz o atinge e, portanto, sua sensibilidade será menor. Sensores maiores, por outro lado, são mais sujeitos a distorções nas bordas da imagem, causadas pela proximidade da borda da lente (Figura 151) e, para evitar isso, precisam de lentes maiores e mais caras. As câmeras de alta resolução mais

comuns têm sensores de  $\frac{1}{4}$ ,  $\frac{1}{3}$  e  $\frac{1}{2}$  polegada, chegando a  $\frac{1}{10}$ ” em alguns casos. Estes valores, embora normalmente chamados de **tamanho nominal**, são, na verdade uma designação de *tipo*, uma herança dos padrões de câmera de TV dos anos 1950 que não correspondem ao **tamanho real** do sensor. O tamanho nominal era uma medida do diâmetro do tubo de vidro destas câmeras. Na prática, embora não seja uma regra, o diâmetro deste círculo é cerca de 1,5 vez maior do que a diagonal do sensor.

As duas principais tecnologias utilizadas atualmente são **CCD** (*Charge-Coupled Device* ou Dispositivo de Carga Acoplada) e **CMOS** (*Complementary Metal-Oxide Semiconductor*, ou Semicondutor Metal-Óxido Complementar), que se apresentam em diversas versões, conforme a tecnologia evolui.

O **CCD** possui uma região fotoativa, composta de uma matriz de fotodiodos, e uma região de transmissão feita de registradores de deslocamento (*shift registers*), que é o CCD propriamente dito.

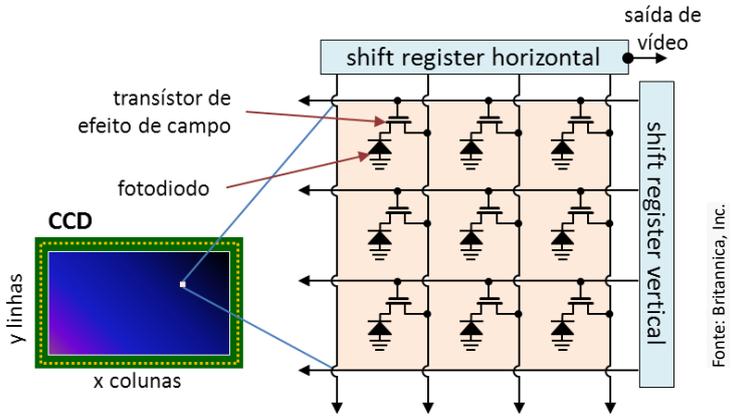


Figura 158. Matriz de sensores de luz em um CCD.

A imagem é projetada sobre uma matriz de capacitores MOS (ou transistores MOSFET), fazendo com que cada capacitor armazene uma carga elétrica proporcional à intensidade da luz recebida. Uma vez que a matriz tenha sido exposta à luz, um circuito de controle faz com que cada capacitor transfira seu conteúdo ao vizinho (como faz um registrador de deslocamento); o último capacitor transfere sua carga a um amplificador, que converte carga em tensão elétrica. O sinal, então, passa por um conversor A/D, onde é convertido em números binários. O CCD costumava ter sensibilidade à luz ligeiramente melhor e com menos ruído do que os CMOS mais antigos. Porém, esta diferença praticamente desapareceu com a evolução do último.

Também conhecido como *sensor de pixel ativo* (APS), o sensor **CMOS** é composto de uma matriz de sensores em que cada pixel possui um fotodetector e seu próprio amplificador ativo. Diferentemente do CCD, que transmite cada quadro inteiro, de uma só vez, o CMOS transmite a imagem captada pixel a pixel. No CCD, todos os pixels armazenam simultaneamente a sua porção da luz captada, funcionando como células individuais de memória. Já no CMOS, a transmissão ocorre quase simultaneamente à captação da luz pelo pixel, tornando-o mais rápido do que o CCD, mas com o inconveniente de eventualmente inclinar a imagem de objetos em movimento rápido.

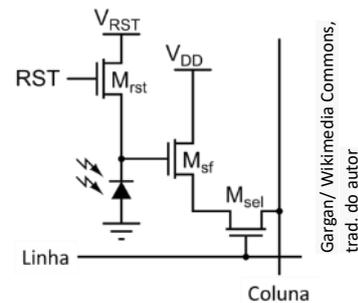


Figura 159. Sensor de pixel ativo de 3 transistores.

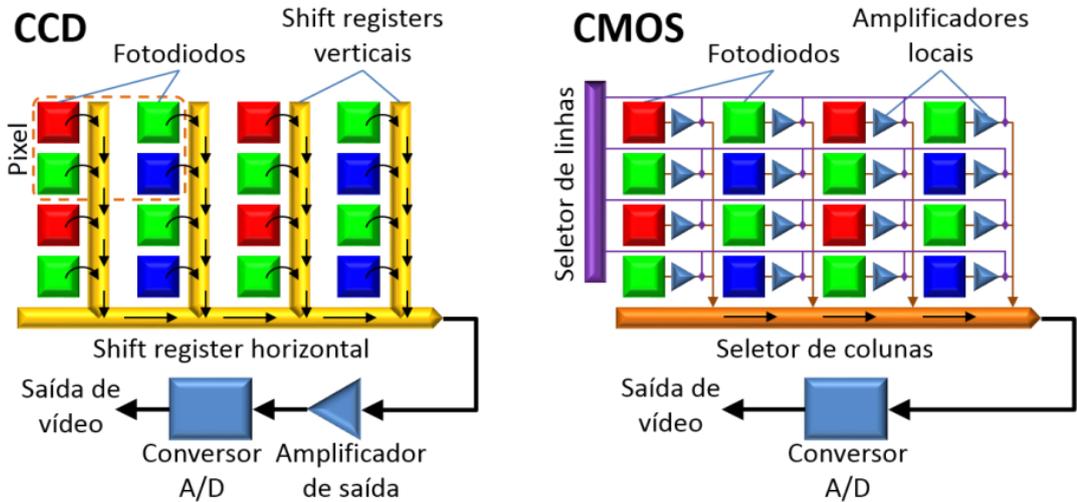


Figura 160. Circuito e matriz de pixels CCD e CMOS (fonte: SONY Corporation. Advantage of the CMOS Sensor).

O sensor CMOS tem várias vantagens em relação ao CCD. O chip CMOS é muito mais barato e tem fabricação mais simples, pois incorpora os amplificadores e conversores A/D num mesmo componente (Figura 161) além de ser imune ao efeito de *blooming*, em que uma luz forte sobre um fundo escuro “vaza” para os pixels vizinhos. Sensores CMOS têm mais possibilidades de integração e mais funções do que os CCD, como a divisão da imagem em “janelas”, que podem ser transmitidas separadamente. No entanto, a maior concentração de componentes no chip pode aumentar o risco de ruído estruturado, como listras e outros padrões. Em geral, o CMOS consome menos energia, tem leitura mais rápida (o que favorece a fabricação de sensores de resolução mais alta) e atinge um grau de miniaturização maior do que o CCD, o que o torna a opção preferencial em equipamentos pequenos e alimentados por bateria, como celulares, câmeras portáteis e *notebooks*. Enquanto sensores de CCD ainda são amplamente usados em câmeras de CFTV analógicas, o CMOS domina o mundo das câmeras digitais de rede.

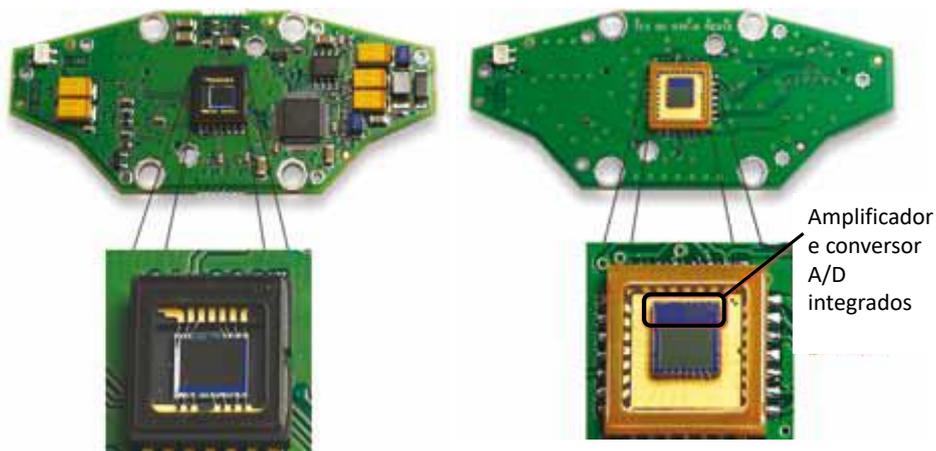


Figura 161. Comparação entre placa de circuito de um sensor CCD (esq.) e CMOS.

Independentemente do tipo de sensor usado, o fotodetector não é capaz de distinguir cores, mas apenas intensidade de luz. Para que isso seja possível, é preciso aplicar filtros sobre a matriz de pixels, de tal forma que cada pixel receba apenas a luz de uma única cor primária. Um dos tipos mais usados é o *filtro de Bayer*. O filtro de Bayer segue um padrão de 50% para verde e 25% para vermelho e azul (Figura 162). A quantidade de elementos verdes é maior porque o olho humano é mais sensível a esta cor primária do que às demais. Após passar pelo filtro, apenas a parcela da luz correspondente à cor do elemento será percebida pelo sensor, formando um padrão específico para cada cor.

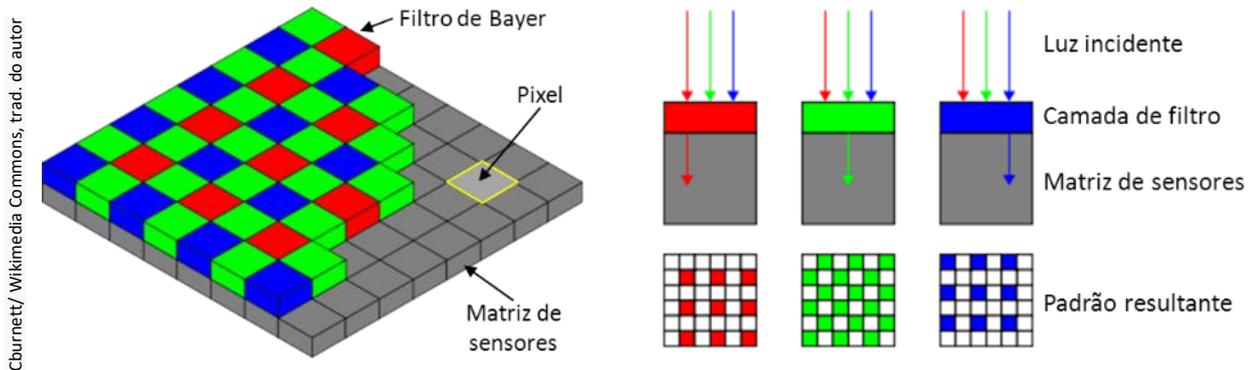


Figura 162: Filtro de Bayer (esq.) e corte transversal com o padrão de cada cor (dir.).

Como cada pixel captura apenas uma cor, a imagem resultante é bem diferente da imagem real (Figura 163). Por isso, depois da aplicação do filtro, a imagem precisa ser reconstruída com o auxílio de um algoritmo de interpolação, em que cada pixel é resultado da composição de sua própria cor com a dos pixels adjacentes. Geralmente, a interpolação é feita na própria câmera, e somente a imagem resultante, já pronta, é transmitida (v. mais sobre interpolação no capítulo 11.2.3).

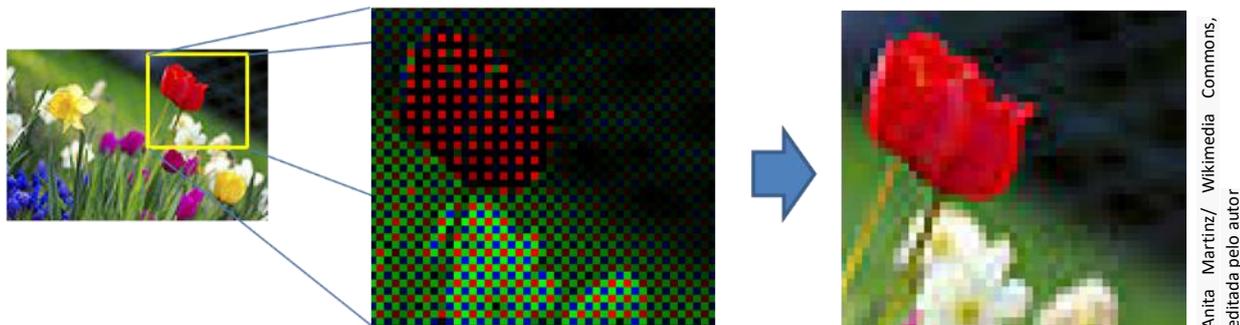


Figura 163: imagem com a aplicação do filtro de Bayer (centro) e após a reconstrução por interpolação (dir.).

### 11.2.1 SENSIBILIDADE E CAPTAÇÃO COM BAIXA LUMINOSIDADE

A **sensibilidade** — ou iluminação mínima — é uma característica do sensor que representa a mínima quantidade de luz necessária para se produzir uma imagem utilizável. A sensibilidade é indicada pelo fabricante como uma medida em lux, uma unidade de **iluminância** (v. capítulo 10). Como regra geral, quanto menor o valor em lux, mais sensível será a câmera. Porém, a definição de imagem utilizável é muito subjetiva.

Há vários fatores que influenciam a sensibilidade da câmera, como a direção da luz, a velocidade do obturador, o número-f, o IRE (falaremos disso mais adiante), o tamanho do sensor e a qualidade da lente. Por isso, é comum que fabricantes diferentes usem critérios diversos para definir a sensibilidade de suas câmeras. Por exemplo, ao aumentar o tempo de exposição (diminuindo a velocidade do obturador — v. capítulo 11.2.2), mais luz irá atingir o sensor, resultando numa imagem mais clara. Isso funciona bem com imagens estáticas, mas objetos em movimento rápido aparecerão borrados. Por isso, a comparação de câmeras de fabricantes diferentes baseada apenas na quantidade de lux informada é pouco conclusiva. Por exemplo, uma câmera com iluminação mínima especificada em 5 lux a F/10 (íris mais fechada) pode ter o mesmo desempenho em condições de pouca luz que uma câmera de 0,05 lux e F/1.0.

Apesar da subjetividade envolvida naquilo que se considera uma imagem utilizável, é possível equiparar a sensibilidade de câmeras de fabricantes diferentes, desde que sejam informados os parâmetros utilizados em laboratório para a determinação da iluminação mínima.

A iluminância de uma cena é medida por um luxímetro (v. Tabela 4). Apesar de o método de medição ser preciso, o resultado é enganoso como forma de determinação da sensibilidade da câmera, pois câmera e luxímetro não coletam a mesma informação sobre a luz. Enquanto o luxímetro registra a quantidade de luz que ilumina uma cena (luz incidente), a câmera capta a luz refletida dos objetos em seu campo visual. É possível calcular a relação entre as iluminâncias da câmera e da cena por meio da equação abaixo:

$$f = \sqrt{\frac{E_{cena} \times 0,2}{E_{sensor}}}$$

Onde  $f$  é a abertura da lente (número-f),  $E_{cena}$  é a iluminância da cena (em lux) e  $E_{sensor}$  é a iluminância do sensor (em lux). Porém, é preciso levar em conta mais dois fatores: a **reflectância (R)** do ambiente e a **relação de transparência (t)** da lente.

A *reflectância*, ou *taxa de reflexão*, é a capacidade de um objeto ou superfície de refletir a luz. O asfalto novo, por exemplo, tem uma reflectância de 5%, enquanto que a neve, 95%.

A *relação de transparência* é uma característica da composição da lente e do material de que é feita. É obtida pela fórmula:

$$t = (1 - \gamma)^n$$

Onde  $\gamma$  é a *relação de reflectância*, definida pelo fabricante (tipicamente 0,015) e  $n$  é o número de superfícies das lentes (cada elemento de lente tem duas superfícies; o exemplo da Figura 152 possui 4 lentes e 8 superfícies).

Assim, a iluminação do sensor é calculada pela fórmula:

$$E_{sensor} = \frac{t \times R \times E_{cena} \times 0,2}{f^2}$$

A partir desta fórmula, é possível fazer a equiparação direta entre duas câmeras, **A** e **B**, de diferentes aberturas, desde que outros parâmetros, como IRE e velocidade do obturador, sejam os mesmos. Considerando ambientes iguais (mesmo  $R$ ) e lentes iguais (mesmo  $t$ ), podemos excluir estas variáveis, simplificando a equação:

$$\frac{E_{sensor A}}{f_A^2} = \frac{E_{sensor B}}{f_B^2}$$

Outro parâmetro que pode dificultar a comparação da sensibilidade de duas câmeras é o **IRE**, criado pelo *Institute of Radio Engineers* americano, embrião do atual *Institute of Electrical and Electronics Engineers* (IEEE). O IRE é uma unidade de medida do nível de sinais de vídeo composto e, portanto, voltado para a medição de sinais analógicos. Por isso, sua aplicação para vídeo digital é controversa, embora ainda seja amplamente utilizada por fabricantes de câmeras digitais, graças a fórmulas matemáticas de conversão de um sistema para outro.

Basicamente, o valor IRE é obtido a partir da captação da imagem de uma carta padronizada de níveis de cinza, onde a amplitude máxima do sinal analógico, branco, corresponde a 100 IRE (aprox. 0,7 V). O valor zero IRE é o nível de referência (zero volt), enquanto que o nível preto vale 7,5 IRE.

A equivalência da sensibilidade de câmeras com diferentes valores de IRE pode ser obtida pela equação abaixo, desde que os demais parâmetros sejam idênticos:

$$\frac{E_{\text{sensor A}}}{IRE_A} = \frac{E_{\text{sensor B}}}{IRE_B}$$

As soluções para a captação de imagens em ambientes mal iluminados não se limitam ao sensor. A mais comum é o aumento do ganho, que significa amplificar mais o sinal de vídeo. É um recurso útil quando a informação da cena é mais importante do que a sua qualidade. O objeto fica reconhecível, mas a imagem é mostrada com alto **ruído** (Figura 164). Isto ocorre porque, ao amplificar o sinal, o ruído elétrico de fundo, inerente a qualquer circuito eletrônico, também é amplificado. Cada fotodiodo gera um ruído que pode “vazar” e contaminar seus vizinhos. Quanto maior o sensor, mais afastados entre si ficam os fotodiodos, reduzindo o efeito desta contaminação e, portanto, o ruído. Além de prejudicar a qualidade geral da imagem, o ruído também aumenta a demanda de largura de banda e armazenamento. Por isso, imagens noturnas ou em ambiente com pouca luz exigem mais banda de transmissão e espaço de armazenamento.



Figura 164. Imagem com ruído causado pelo aumento do ganho.

Também é possível melhorar a captação em ambientes de pouca luz aumentando a abertura da íris ou diminuindo a velocidade do obturador, desde que o modelo da câmera disponha destas opções.

Assim como a visão humana, a sensibilidade das câmeras às cores diminui em ambientes mal iluminados, ainda que seja preservado um nível razoável de detalhes para formas. Por isso, quando a distinção de cores não é muito importante, muitas câmeras operam em modo monocromático quando há pouca luz ambiente. Esta função é comumente chamada de **day-night** (dia-noite), e é acionada automaticamente quando a luminosidade cai. Câmeras com função day-night são apresentadas com dois valores de sensibilidade: um para o modo colorido (tipicamente entre 0,1 e 1 lux) e outro para monocromático (tipicamente entre 0,01 e 0,3 lux). Modelos que informam apenas um valor de sensibilidade, em geral, não possuem função day-night. Algumas câmeras informam sensibilidade de zero lux em modo monocromático; isto ocorre em câmeras com iluminadores infravermelhos. Portanto, zero lux significa ausência de *luz visível*, mas não elimina a necessidade de uma fonte de luz infravermelha, que tem alcance limitado a umas poucas dezenas de metros (v. exemplo na Figura 165). Estas câmeras, em geral, possuem iluminadores de LED infravermelho embutidos, mas também é possível a instalação de iluminadores direcionados a um ponto de interesse específico.



Figura 165. Objeto iluminado por fraca luz visível (esq.) e por um iluminador infravermelho.

A luz visível tem comprimento de onda entre 380 nm e 700 nm. Acima disso, até 1400 nm, fica a faixa de *infravermelho próximo*, ou NIR (a faixa inteira de infravermelho vai até 1 mm). A maioria dos sensores CCD e CMOS consegue captar luz na faixa de infravermelho próximo, em maior ou menor grau (v. exemplo na Figura 166). Como as fontes de luz visíveis também emitem luz infravermelha, essa propriedade dos sensores é útil para mostrar imagens monocromáticas de qualidade, mesmo quando há pouca luz visível. O problema é que, em condições de iluminação normal, a captação de infravermelho pode alterar as cores

visíveis a olho nu. Por isso, em várias câmeras day-night há um filtro entre a lente e o sensor, que bloqueia a passagem de infravermelho. Ao comutar para o modo noturno (monocromático), o filtro é automaticamente removido.

Os sensores CCD e CMOS, no entanto, são inúteis em ambientes totalmente escuros, pois só conseguem captar luz, seja visível ou infravermelha. Em situações de escuridão total, uma solução são as câmeras térmicas. Todos os corpos com temperatura acima de zero absoluto (-273,15 °C) emitem radiação em forma de calor. Em vez de captar luz, as câmeras térmicas formam uma imagem baseada na irradiação de calor dos objetos da cena por meio de um tipo de sensor chamado *microbolômetro*. Estas câmeras têm, geralmente, resolução e taxa de quadros bem mais baixas do que as visuais, e as cores não são naturais, mas são capazes de enxergar em total escuridão e através de fumaça ou neblina. Porém, são bem mais caras do que as câmeras visuais e, ao contrário destas, câmeras térmicas não conseguem enxergar através de vidro (inclusive de lentes), o que impede a observação dos ocupantes de um carro, por exemplo. Esta limitação obriga o uso de materiais ópticos alternativos. Um material comumente usado é o germânio, elemento muito caro e opaco à luz visível, mas que permite a passagem de radiação térmica.

Câmeras de visão noturna, como as térmicas, foram desenvolvidas para uso militar e se enquadram na categoria de **uso duplo** — militar e civil. O Acordo Internacional de Wassenaar, de 1996, regula a exportação de armas convencionais e produtos e tecnologias de uso duplo. Câmeras com resolução acima de 9 fps, por exemplo, podem ser exportadas entre os países membros, mas os compradores precisam ser registrados e os equipamentos, rastreados. O Brasil não é signatário do Acordo, mas quase todos os grandes exportadores (com a importante exceção da China) são. Aqui, a comercialização de câmeras de visão noturna é controlada pelo Exército. Sua fabricação, importação, comercialização e utilização necessitam de registro e licença prévia, conforme Decreto Federal nº 3.665/00, Art. 16, inc. XVI: “São de uso restrito: [...] equipamentos para visão noturna, tais como óculos, periscópios, lunetas, etc.” Segundo o Art. 3º, inc. LXXXI, a designação “de uso restrito” é dada “aos produtos controlados pelo Exército que só podem ser utilizados pelas Forças Armadas ou, autorizadas pelo Exército, algumas Instituições de Segurança, pessoas jurídicas habilitadas e pessoas físicas habilitadas”. Embora o decreto não utilize a palavra “câmera”, entendemos que câmeras térmicas se enquadram na categoria dos “equipamentos para visão noturna”.

## 11.2.2 OBTURADOR E TAXA DE QUADROS

O obturador (*shutter*) é o dispositivo que controla o tempo de captura da imagem de cada quadro. Num vídeo com taxa de 30 quadros por segundo, por exemplo, o obturador irá capturar um quadro a cada 1/30 segundo, caso não haja controle manual (v. exemplo de funcionamento do obturador na Figura 40). Algumas câmeras de CFTV possuem obturador eletrônico, que funciona como os obturadores mecânicos. O obturador eletrônico limita o tempo de carga do sensor, da mesma forma que o obturador mecânico

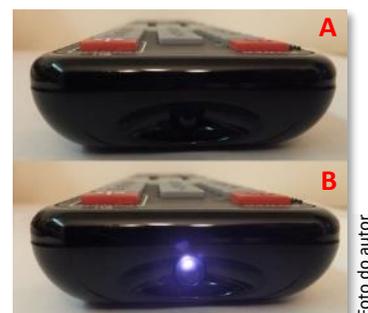


Figura 166. LED infravermelho de um controle remoto como visto a olho nu (A) e captado por um sensor CMOS comum (B).

Foto do autor



Figura 167. Suspeito do atentado à Maratona de Boston, em abril de 2013, escondido sob uma lona em um barco (silhueta branca), é localizado por câmera térmica da polícia.

Polícia do Estado de Massachusetts, EUA

limita o tempo da passagem da luz. A redução do tempo de captura do obturador irá reduzir os borrões na imagem causados por objetos em movimento rápido ou pela vibração da câmera; porém o sensor receberá menos luz, o que pode exigir mais iluminação ambiente ou um sensor de maior sensibilidade.



Figura 168. Imagens capturadas com obturador ajustado para  $1/25$  s (esq.) e  $1/3$  s (dir.). O obturador mais lento deixa a imagem estática mais clara e nítida; porém, os objetos em movimento aparecem borrados (detalhe).

A Figura 169 mostra o estouro de um balão filmado a 360 quadros por segundo. Cada quadro tem a duração de  $1/360$  s, ou 0,0028 segundo. No quadro do meio é possível ver o momento exato em que o balão se rasga (assista ao vídeo neste [link](#)<sup>67</sup>).



Figura 169. Estouro de balão gravado a 360 frames por segundo.

Na Figura 170, o estouro do balão é gravado a 30 fps. O fotograma foi capturado, portanto, a  $1/30$  s ou 0,0333 segundo, 12 vezes mais lento do que na figura anterior. Nesse caso, o tempo de captura foi longo demais para captar o estouro. A imagem mostra o balão inteiro e estourado ao mesmo tempo, no mesmo quadro, uma espécie de *Gato de Schrödinger*, paradoxo clássico de interpretação da mecânica quântica em que o gato está vivo e morto ao mesmo tempo. Em compensação, a imagem está mais bem iluminada e com maior resolução do que a sequência a 360 fps (assista ao vídeo neste [link](#)<sup>68</sup>).



Figura 170. Estouro de balão a 30 fps.

As taxas de quadros (ou taxa de frames ou “cadência”) usadas atualmente em CFTV digital têm origem na TV analógica: 25 fps (sistema PAL) ou 30 fps (mais exatamente 29,97 fps em NTSC). Estes valores são suficientes para dar a sensação de movimento natural, o que ocorre, normalmente, acima de 20 fps, embora isto varie para cada pessoa. Entre 10 fps e 20 fps a percepção de movimento ainda é nítida, mas já é possível perceber os quadros como uma sequência de imagens. Abaixo disso, a sensação de imagens quadro a quadro é inevitável. Compare as diferentes taxas de quadros neste [link](#)<sup>69</sup>.

<sup>67</sup> Vídeo em <<https://youtu.be/HuFfdHU3ugc>>.

<sup>68</sup> Vídeo em <<https://youtu.be/XUeh2tUzD9I>>.

<sup>69</sup> Vídeo de exemplo em <<https://youtu.be/-pSPTlpKbTo>> (a exibição das taxas mais altas no início deste vídeo poderá ficar prejudicada em conexões lentas).

Em CFTV digital, a possibilidade de visualização e gravação de muitas câmeras simultaneamente é uma grande vantagem, mas tem o inconveniente de exigir maior banda de transmissão e mais espaço de armazenamento. Por isso, é comum, em operações de rotina, câmeras digitais serem usadas com menor taxa de quadros e menor resolução do que a câmera é capaz de oferecer. Câmeras digitais não se fixam à sua capacidade máxima, mas podem oferecer uma imagem com qualidade mais baixa, conforme a conveniência. Mesmo tendo capacidade de alta resolução a 30 fps, por exemplo, uma câmera poderá transmitir e gravar a 10 fps e baixa resolução para economizar banda e espaço em disco, alternando para a sua qualidade máxima caso ocorra um evento de maior interesse. Esta mudança pode ser feita manualmente ou acionada por evento, como nos casos em sistemas com detecção de incidentes.

Câmeras com altas taxas de quadros são úteis para monitorar objetos em movimento rápido. Não é o caso do monitoramento de tráfego. Em geral, até 12 fps são suficientes para a maior parte das aplicações, embora taxas muito baixas possam causar desconforto aos operadores. Taxas muito baixas (abaixo de 5 fps) podem levar a perda de informações importantes e reduzem a probabilidade de detecção de incidentes. Reduzir para 5 fps um vídeo gerado a 30 fps, por exemplo, significa que cinco em cada seis quadros são descartados. Por isso, vídeos gravados com baixas taxas de quadros normalmente não são aceitos como evidência legal.

### 11.2.3 RESOLUÇÃO DA IMAGEM

O termo **resolução**, em CFTV, pode ter vários significados. Por exemplo, a *resolução temporal* é outra forma de se referir a taxa de quadros (v. capítulo 11.2.2). A *resolução espectral* é a faixa de captação no espectro eletromagnético; por exemplo, uma câmera capaz de captar na faixa de infravermelho tem uma resolução espectral maior do que uma câmera que só capta luz visível (Figura 166). A *resolução radiométrica*, ou profundidade de cores, define a quantidade de níveis de cor que um sensor pode captar (ou um monitor pode exibir); por exemplo, uma imagem de 24 bits/pixel tem maior resolução radiométrica do que uma de 8 bits/pixel (Figura 81). A *resolução de pixels* representa o número total de pixels que o sensor pode captar (ou o monitor exibir) para formar uma imagem inteira. É a forma mais comum para descrever a resolução de uma câmera ou monitor, embora seja uma forma imprecisa de representação do nível de detalhes da imagem, pois é dependente do tamanho do monitor em que será exibida. Quanto maior o monitor, maior será o pixel. Por isso, uma forma mais natural de se medir a precisão de detalhes de uma imagem é a *resolução espacial* (mais detalhes no capítulo 11.2.3.1). A resolução espacial pode ser entendida como a densidade de pixels, medida, por exemplo, em pixels por polegada, pé ou metro, e é muito empregada em impressoras e scanners (Figura 171). Podemos citar,

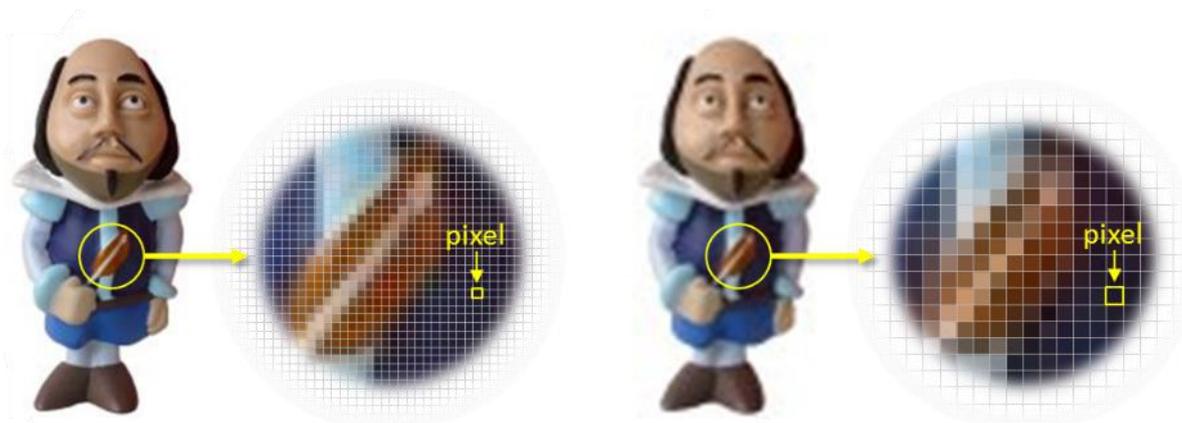


Figura 171. A imagem da esquerda tem resolução espacial (densidade) quatro vezes maior do que a da direita. Como as imagens têm o mesmo tamanho, a resolução efetiva também será quatro vezes maior.

ainda, a *resolução óptica*, que leva em conta todos os elementos envolvidos com a formação da imagem, como a câmera, a lente e o monitor.

A resolução de pixels é também chamada de *total* ou *efetiva*, mas com significados nem sempre iguais, dependendo do padrão adotado pelo fabricante. A *resolução total* (ou resolução do sensor) leva em conta todos os pixels que compõem a matriz do sensor, porém nem todos os pixels são, de fato, utilizados para a geração da imagem. Alguns pixels não são usados, como os que formam a borda da imagem. Pixels adicionais em torno da área efetiva são usados para realizar a interpolação cromática do filtro de Bayer (ou *demosaiçing*, v. capítulo 11.2) dos pixels das bordas. A *resolução efetiva* (ou *nominal*) leva em conta apenas os pixels que formarão a imagem final. Neste texto, o termo *resolução* irá se referir sempre à **resolução efetiva**.

Alguns fabricantes informam uma resolução efetiva maior do que a resolução total. Isto é um artifício que aumenta o número de pixels por meio de algoritmos de **interpolação** (Figura 172), o que nem sempre é informado de forma clara ao comprador. Pixels são criados artificialmente, entre os pixels reais, como resultado da fusão de pixels vizinhos. Ainda que o resultado, em geral, seja bom, não se trata de uma resolução real, pois, a exemplo do que ocorre com o zoom digital, não houve aumento da informação captada. Portanto, uma câmera de, por exemplo, 2 megapixels interpolados não irá gerar uma imagem com a mesma qualidade de uma câmera de 2 megapixels efetivos.



Figura 172. Exemplos de interpolação. A interpolação por pixel adjacente é basicamente a ampliação dos pixels originais. As demais usam fórmulas matemáticas para criar pixels baseados nas médias dos pixels vizinhos (as diferenças são mais perceptíveis observando-se os cílios da modelo).

A resolução é representada por dois números: o primeiro representa o número de pixels na horizontal (colunas), e o segundo, o número de pixels da vertical (linhas), por exemplo,  $640 \times 480$  pixels. Uma forma mais simples é o total de pixels, que é o produto do número de linhas e colunas (no exemplo anterior, 307.200 pixels, ou 0,3072 megapixel). O inconveniente desta representação é a falta da informação sobre a **relação de aspecto** da imagem, ou seja, a proporção entre altura e largura. Em vídeo analógico, o aspecto mais comum era 4:3. Em vídeo digital, são mais comuns as imagens mais alongadas, ou widescreen, com aspecto 16:9 ou 16:10. Inúmeras combinações de resolução e aspecto foram criadas ao longo da evolução tecnológica. Muitas destas combinações receberam nomes padronizados, a fim de facilitar a identificação. A Tabela 7 mostra os padrões mais comuns. Estes padrões não se distinguem apenas pela resolução, mas também por outros parâmetros, como a profundidade de cores e taxa de quadros.

Padrão	Colunas	Linhas	Resolução	Aspecto
<b>Televisão Analógica</b>				
VHS (NTSC)	480	320	153.600	4:3
TV Broadcast NTSC	480	440	211.200	4:3
TV Broadcast PAL	576	440	253.440	4:3
<b>Televisão Digital</b>				
DVD (NTSC)	720	480	345.600	3:2
HDTV 720 e Blu-ray	1280	720	921.600	16:9
HDTV 1080 (Full HD) e Blu-ray	1920	1080	2.073.600	16:9
UHDTV 4K	3840	2160	8.294.400	16:9
UHDTV 8K	7680	4320	33.177.600	16:9
<b>Câmeras de CFTV</b>				
Câmera analógica (NTSC)	768	494	379.392	4:3
Standard Resolution (SD)	800	600	480.000	4:3
Megapixel (HD)	1280	720	921.600	16:9
1,2 Megapixels	1280	960	1.228.800	4:3
1,3 Megapixels	1280	1024	1.310.720	5:4
2 Megapixels (Full HD)	1920	1080	2.073.600	16:9
3 Megapixels (3M)	2048	1536	3.145.728	4:3
5 Megapixels (5M)	2592	1944	5.038.848	4:3
<b>Monitores de Computador</b>				
VGA	640	480	307.200	4:3
SVGA	800	600	480.000	4:3
XGA	1024	768	786.432	4:3
WXGA	1280	800	1.024.000	16:10
<b>Formatos de Videoconferência (NTSC)</b>				
QCIF (¼ CIF)	176	120	21.120	3:2
CIF	352	240	84.480	3:2
4CIF	704	480	337.920	3:2
D1	720	480	345.600	3:2

Tabela 7. Resolução, em pixels, de formatos comuns de vídeo em diferentes aplicações.

Note-se que nem sempre a relação de aspecto corresponde exatamente à proporção entre linhas e colunas. Isto ocorre porque, em alguns formatos, os pixels não são quadrados. No caso dos formatos analógicos, a resolução é aproximada, pois não há uma resolução horizontal precisa. Os formatos de videoconferência, geralmente baseados em CIF (Formato Comum Intermediário, em inglês), são muito utilizados como padrão para a exibição de CFTV em monitores de computador. Resoluções a partir de HD 720 já podem ser consideradas *megapixel*, apesar de, a rigor, terem um pouco menos de 1 Mpixel.

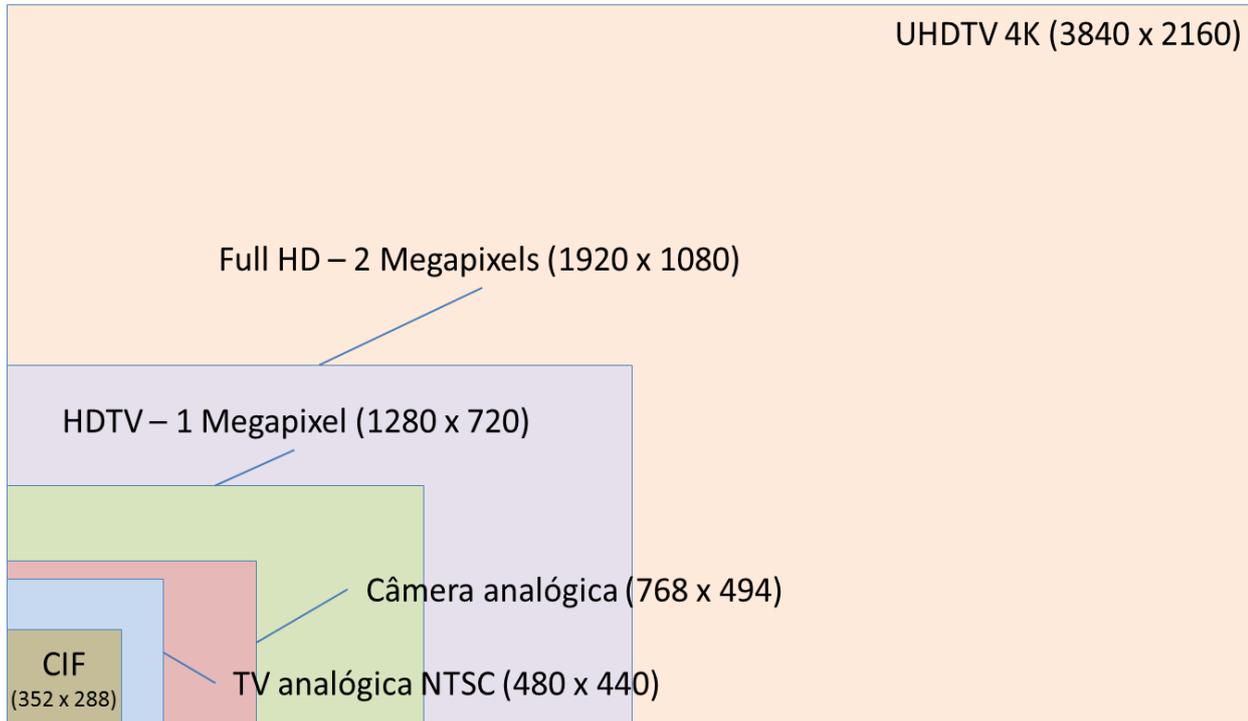


Figura 173. Comparação em escala entre resoluções mais comuns, considerando pixels quadrados e do mesmo tamanho.

Veja neste [link](#)<sup>70</sup> um vídeo comparativo de diversas resoluções.

A resolução em pixels também não traz informação sobre o tipo de *varredura* da imagem. Conforme descrito no capítulo 6.3, a varredura da imagem analógica é feita por linhas alternadas, primeiro ímpares, depois pares, chamada de **varredura entrelaçada** (*interlaced scan*). Cada conjunto de linhas, pares ou ímpares, forma um campo; os dois campos são exibidos em sequência para formar um quadro. A **varredura progressiva** (*progressive scan*), ao contrário, é feita na sequência natural de linhas pares e ímpares. A varredura entrelaçada é útil por ocupar menos banda de transmissão e espaço de armazenamento, pois os campos ocupam metade do espaço de um quadro, com uma perda de resolução quase imperceptível. Ambos os tipos são usados em vídeo digital. Porém, a varredura entrelaçada não pode ser usada em vídeo comprimido, o que é uma grande limitação para uso em CFTV. Além disso, para objetos em movimento rápido, é perceptível o *efeito pente* (*combing*), em que é possível distinguir as linhas pares e ímpares separadas em cada campo, (devido à ligeira defasagem entre a varredura de linhas ímpares e pares) principalmente na imagem congelada (Figura 174). É possível eliminar este efeito por meio de filtros de desentrelaçamento, que, no entanto, reduzem a resolução da imagem.



Figura 174. Efeito pente causado pela varredura entrelaçada.

<sup>70</sup> Vídeo em <https://youtu.be/z9Kh36H3hWQ> (a exibição das resoluções mais altas no início deste vídeo poderá ficar prejudicada em conexões lentas).

### 11.2.3.1 RESOLUÇÃO MÍNIMA E DENSIDADE DE PIXELS

Conforme explicado no capítulo 9.1.2, um dos fatores que irão definir as características da câmera a ser escolhida é a finalidade da observação: monitoração, detecção, observação, reconhecimento e identificação. O que diferencia uma finalidade de outra é a quantidade de informações que se podem obter da cena. Esta quantidade de informações está diretamente relacionada ao tamanho aparente do objeto observado, ou seja, a **resolução mínima** necessária para a discriminação de um objeto ou atividade. Nos anos 1950, o engenheiro John Johnson, a serviço do Exército dos Estados Unidos, iniciou uma série de estudos para tentar quantificar a resolução necessária para discriminar cada tipo de objeto, reduzindo a subjetividade envolvida. Como a finalidade dos estudos — que passaram a ser conhecidos como *Critérios de Johnson* (v. Tabela 8) — era a discriminação de alvos militares, os critérios adotados para a classificação são ligeiramente diferentes dos usados para vigilância e monitoramento de tráfego. Os estudos da época foram feitos com câmeras analógicas, e usaram pares de linhas de vídeo como unidades de resolução. Para vídeo digital, cada par de linhas equivale a dois pixels. A resolução mínima representa o número mínimo de pixels de altura ou largura do objeto necessários para uma probabilidade de acerto de 50%.

Nível de discriminação	Significado	Resolução mínima
<b>Detecção</b>	Um objeto está presente	2,0 pixels ± 0,5
<b>Orientação</b>	É possível discernir se o objeto é simétrico ou assimétrico e sua orientação.	2,8 pixels ± 0,7
<b>Reconhecimento</b>	É possível classificar o objeto (casa, caminhão, pessoa etc.)	8,0 pixels ± 1,6
<b>Identificação</b>	O objeto pode ser descrito pelo observador (ônibus/caminhão, homem/mulher etc.)	12,8 pixels ± 3,0

Tabela 8. Critérios de Johnson.

Esta resolução mínima, em pixels, é uma medida do tamanho aparente do objeto na tela, que depende da distância do objeto, do tipo de lente e da resolução da câmera. Alguns softwares de visualização de câmeras IP possuem ferramentas para a contagem do número de pixels de uma área específica da imagem. Atualmente, devido à grande variedade de resoluções e formatos, pode ser mais representativa a utilização do conceito de **densidade de pixels**, que é a relação entre a resolução da imagem e seu campo visual no plano onde se encontra o objeto.

$$\text{Densidade de pixels} = \frac{\text{Resolução horizontal da imagem (em pixels)}}{\text{Campo visual horizontal (em metros)}}$$

Ou, para o objeto observado:

$$\text{Densidade de pixels} = \frac{\text{Largura do objeto (em pixels)}}{\text{Largura do objeto (em metros)}}$$

No Brasil e nos países que adotam o Sistema Internacional de unidades, a densidade de pixels é medida em pixels por metro ou *ppm* (em especificações americanas, podemos encontrar pixels por pé — *pix/ft*). Johnson adotou 0,75 m como a largura média de uma pessoa, considerando o espaço ocupado por braços e pernas em movimento. Portanto, aplicando-se os Critérios de Johnson para a discriminação de uma pessoa:

- **Detecção:**  $2,0/0,75 = 2,7$  ppm
- **Reconhecimento:**  $8,0/0,75 = 10,7$  ppm
- **Identificação:**  $12,8/0,75 = 17,1$  ppm

Em seus ensaios, Johnson utilizou câmeras monocromáticas e, mais tarde, térmicas, ambas de aplicação militar, que têm maior contraste do que as câmeras em cores usadas em CFTV e, portanto, melhor capacidade de discriminação dos objetos. Por isso, os conceitos de resolução mínima para vigilância e controle de tráfego não são exatamente iguais aos de uso militar. Softwares de reconhecimento facial, por exemplo, adotam valores mínimos mais exigentes para a largura de um rosto:

- **Detecção** (a pessoa está presente): 4 pixels ou 20 ppm a 25 ppm;
- **Reconhecimento** (a pessoa é a mesma já captada antes pela câmera): 20 pixels ou 100 ppm a 125 ppm;
- **Identificação** (a identidade da pessoa é reconhecida): 80 pixels ou 500 ppm.

O conceito atual de identificação de placas de veículos, por exemplo, adota 145 ppm como densidade mínima para leitura manual<sup>71</sup>; para leitura automática, os critérios adotados são mais rigorosos (v. capítulo 12.5.3). A Figura 175 mostra exemplos de uma placa de carro<sup>72</sup> vista sob várias densidades. É possível ler os caracteres mesmo com densidades abaixo de 145 ppm, mas é preciso levar em conta que a placa do exemplo está em condições perfeitas de iluminação, contraste e ângulo de visualização e está totalmente limpa, situação que dificilmente será encontrada num caso real.

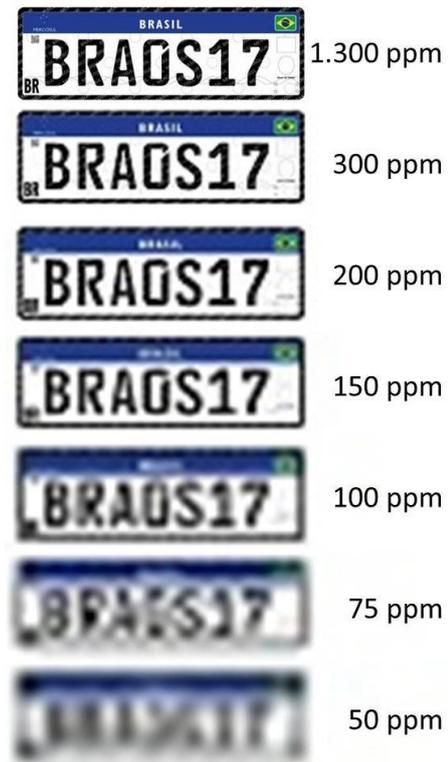


Figura 175. Densidade de pixels.

A Figura 176 mostra um estudo para a realização de leitura de placa de veículos. Considerando que a posição e a resolução da câmera já estão definidas, qual será o melhor local para a realização da leitura: no plano amarelo, a 50 metros da câmera, ou no plano vermelho, a 200 metros? À primeira vista, o plano amarelo parece o mais indicado, pois está mais próximo da câmera. Na verdade, os dois locais são igualmente bons, desde que a lente seja escolhida corretamente. De fato, o plano vermelho leva ligeira vantagem, pois o ângulo é mais favorável.

<sup>71</sup> MIRALHA, Ricardo. Até quanto uma câmera pode enxergar? Revista Digital Security, No. 25, pg. 72-74. Set. 2013

<sup>72</sup> Imagem editada baseada em modelo original de: CONSELHO Nacional de Trânsito – CONTRAN; Resolução nº 729/2018 – nova redação.

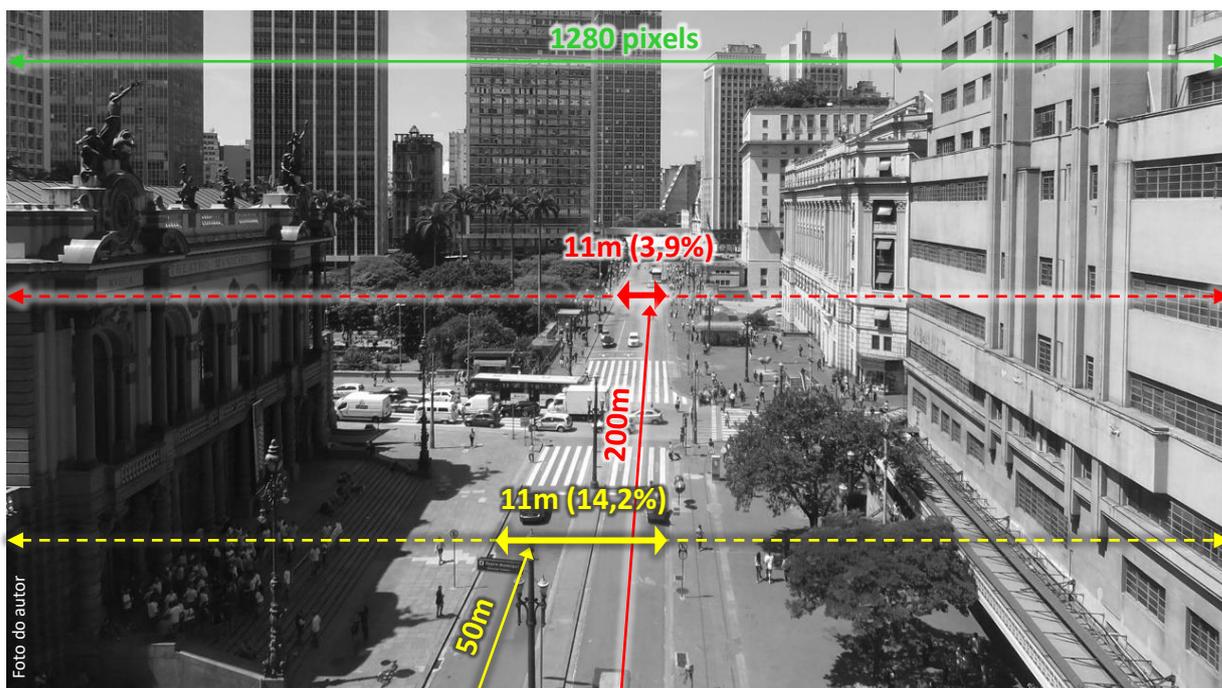


Figura 176. Densidade de pixels em dois planos: vermelho e amarelo.

No plano amarelo, a via, de 11 metros de largura, ocupa 14,2% do campo visual. Portanto, o campo visual tem 77,5 m ( $11/0,142$ ). No plano vermelho, a mesma via ocupa 3,9% do campo visual, que terá, portanto, 282 metros de largura. A câmera utilizada usa um sensor de  $\frac{1}{3}$ " com resolução de  $1280 \times 720$  pixels. Portanto, a densidade de pixels será:

$$\text{Densidade de pixels (plano amarelo)} = \frac{1280 \text{ pixels}}{77,5 \text{ m}} = 16,5 \text{ ppm}$$

$$\text{Densidade de pixels (plano vermelho)} = \frac{1280 \text{ pixels}}{282 \text{ m}} = 4,5 \text{ ppm}$$

Portanto, nos dois casos, a densidade de pixels está muito abaixo do mínimo de 145 ppm estabelecidos para a leitura de placas, o que é fácil de perceber ao se observar a foto, obtida com uma lente de 4 mm. Para escolhermos a lente correta, precisamos primeiro saber qual deve ser o campo visual máximo para a leitura da placa:

$$145 \text{ ppm} = \frac{1280 \text{ pixels}}{\text{campo visual}} \rightarrow \text{campo visual} = \frac{1280 \text{ pixels}}{145 \text{ ppm}} = 8,8 \text{ m}$$

Sabendo que o valor do campo visual máximo é de 8,8 metros (um pouco menos do que a largura da via), podemos utilizar uma das calculadoras de lente indicadas no capítulo 11.1.2. Para o plano amarelo (50 metros), chegamos a uma lente de 27,4 mm para a leitura de placas. Para o plano vermelho, a lente deverá ser de, no mínimo, 109,3 mm.

### 11.2.3.2 RESOLUÇÃO X DEFINIÇÃO

Quando se fala em imagem de alta **definição**, geralmente se faz uma associação direta com o número de pixels, a resolução. Porém, *definição* e *resolução* não são sinônimos. Como vimos, a resolução é apenas um dos parâmetros que definem a qualidade da imagem. A taxa de quadros, o tipo de varredura, a profundidade de cores, o nível de contraste, entre outros parâmetros, formam um conjunto de informações que irá determinar a definição da imagem.

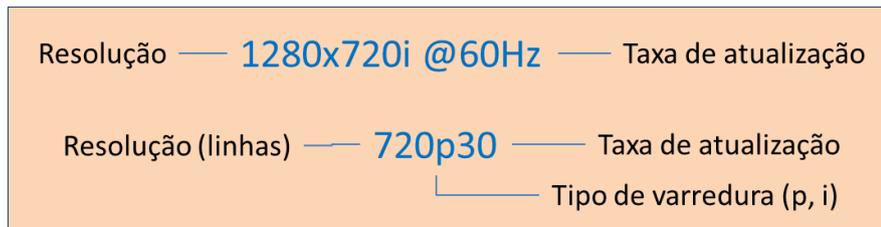


Figura 177. Dois exemplos de representação da definição da imagem.

A Figura 177 mostra duas formas de se representar a definição da imagem de vídeo digital. No primeiro exemplo, a taxa de atualização é representada em *hertz* (1 Hz = 1 ciclo por segundo) e aponta o número de campos por segundo ou quadros por segundo, dependendo de a varredura ser entrelaçada (i) ou progressiva (p), respectivamente. No caso de varredura entrelaçada, a taxa de atualização é o dobro da taxa de quadros, já que neste tipo de varredura são necessários dois ciclos de atualização (campos pares e ímpares) para se formar um quadro inteiro. No segundo exemplo, mais comum, a resolução horizontal não é informada, mas assume-se o aspecto 16:9 e pixels quadrados. No caso de varredura progressiva, não há dúvidas de que o último número representa a taxa de quadros por segundo. Para a varredura entrelaçada, no entanto, uma notação como 720i60 não deixa claro se são 60 quadros ou campos por segundo, embora a última opção seja a mais provável. Para evitar ambiguidades, a EBU (*European Broadcasting Union*) adota a notação **720i/30**, onde o último número **sempre** significa quadros por segundo.

## 11.3 PROCESSAMENTO INTELIGENTE

Uma das grandes vantagens do vídeo digital são os recursos de processamento de imagem, que possibilitam inúmeras melhorias na sua qualidade, facilitam o trabalho do operador e abrem novas opções de utilização do CFTV, com novas ferramentas sendo desenvolvidas continuamente. Alguns destes recursos também existem em câmeras analógicas, mas de forma mais limitada e com resultados inferiores.

Em geral, os principais recursos são descritos nas especificações dos modelos, usando siglas e termos pouco familiares. Alguns recursos são realizados no processador interno da câmera, outros na central, via software, ou em ambos os locais. Câmeras mais simples possuem apenas alguns dos recursos descritos a seguir:

- **Zoom digital.** Estende a ampliação do zoom óptico e amplia imagens gravadas (v. capítulo 11.1.3);
- **Controle de saturação, matiz e nitidez.** Ajusta a imagem de acordo com as características do ambiente;
- **Ajuste automático de branco (AWB).** Anula o efeito de distorção de cores causada geralmente por iluminação artificial utilizando o branco como referência para corrigir as demais cores (v. cap. 10.1);
- **Controle automático de ganho (AGC).** Aumenta ou reduz a sensibilidade de acordo com a

iluminação ambiente de forma independente e complementar à íris (v. capítulos 10.2 e 11.2.1);

- **Redução de ruído.** Reduz o ruído em cenas com pouca luz. A redução de ruído pode causar redução da definição da imagem;
- **Controle de velocidade do obturador.** Aumenta o tempo de captação de luz de cada quadro em ambientes de pouca luz (v. capítulo 11.2.2);
- **Ajuste de resolução e taxa de quadros.** Permite reduzir a qualidade da imagem quando há limitação de banda ou espaço de armazenamento (v. capítulos 11.2.2 e 11.2.3);
- **Múltiplos streams.** Permite a geração de vários fluxos de vídeo simultâneos (v. capítulo 12.2);
- **Compressão de imagem.** Reduz o tamanho do arquivo a ser transmitido e arquivado com pouca perda de qualidade (v. capítulo 12.3);
- **Modo dia/noite.** Alterna para modo monocromático em situações de pouca luz, com ou sem filtro de infravermelho (v. capítulo 11.2.1);
- **Compensação de luz de fundo (BLC — Backlight Compensation).** Evita o escurecimento excessivo da imagem quando há uma fonte de luz intensa atrás do objeto principal (v. Ampla Faixa Dinâmica);
- **Ampla Faixa Dinâmica (WDR).** Ajusta o brilho em cenas com alto contraste com resultados mais eficientes do que o BLC (v. capítulo 10.2);
- **Giro de imagem.** Faz a imagem girar em 90°, 180°, 270° ou espelhada. Usado quando a câmera precisa ser fixada de lado ou invertida, ou quando a cena é predominantemente vertical, como em corredores. O espelhamento é útil quando a câmera é posicionada diante de espelho, como em elevadores;
- **Deteção de movimento.** A gravação é iniciada apenas quando é observado algum movimento na cena;
- **Autotracking.** A câmera PTZ segue o movimento do objeto detectado;
- **Deteção de incidentes.** Dispara alertas ao ocorrer um evento na área de deteção (v. capítulo 12.5);
- **Coleta de dados.** Obtém informações a partir da imagem detectada, como velocidade e contagem de veículos, leitura de placas e reconhecimento facial;
- **Máscara de privacidade.** Permite ocultar áreas da imagem que não devem ser exibidas ou gravadas. Pode ser um simples retângulo sólido ou uma área pixelizada, que permite a percepção do movimento, mas não a visualização de detalhes. Também pode ser ativada apenas quando é aplicado zoom acima de certo valor. É importante que a máscara acompanhe o movimento, no caso de câmeras PTZ;
- **Estabilização de imagem.** Reduz a tremulação da imagem causada pela vibração da câmera em caso de vento forte ou passagem de veículos pesados, por exemplo, ou quando a câmera é embarcada em veículo em movimento. Pode usar tecnologia óptica ou eletrônica (v. capítulo 14.1);
- **Defog automático.** Melhora o contraste da imagem em condições de baixa visibilidade, como neblina ou chuva;
- **Auto-flip.** Em câmeras PTZ sem giro de 360° contínuos, permite a realização do giro completo por meio da inversão automática da posição da câmera. Se usado com muita frequência, pode reduzir a vida útil do mecanismo de PTZ;
- **Cartão de memória embutido.** Permite a gravação da imagem localmente. Preserva as imagens em sistemas sem transmissão ao vivo ou quando há queda da comunicação;
- **Portas digitais de entrada e saída (I/O).** Permite a conexão com dispositivos externos por meio do mesmo sinal de vídeo. Podem ser usadas para o acionamento remoto de relês, chaves ou lâmpadas e, no sentido inverso, transmitir sinais de alarmes, sensores de fumaça, temperatura etc. Associado a um *preset* (v. capítulo 11.4), pode direcionar a câmera PTZ automaticamente ao ponto em que ocorreu o alarme;

- **PoE (Power over Ethernet).** Alguns modelos de câmera e *switch* permitem que a alimentação elétrica da câmera seja transmitida no mesmo cabo de comunicação de rede (v. capítulo 13.1.1);
- **Segurança.** Autenticação por senha, log de acesso de usuários, criptografia HTTPS, controle de acesso a rede IEEE 802.1X.

## 11.4 CÂMERAS FIXAS X CÂMERAS PTZ

**Câmeras fixas** não possuem nenhum dispositivo que permita movimentação da câmera de forma remota, embora alguns modelos possuam regulagem manual do suporte e da lente. Algumas câmeras fixas permitem regulagem remota da lente varifocal, do foco e outros ajustes. São o tipo mais usado em vigilância, por serem as mais baratas e oferecidas numa variedade enorme de versões. São úteis em vigilância ostensiva, pois sua presença é bem visível, o que costuma inibir a prática de crimes. O projeto de instalação de câmeras fixas exige mais cuidado do que a câmera móvel, pois, uma vez ajustada no local, não há como corrigir a posição e o ângulo de visão remotamente. Em algumas situações, pode compensar financeiramente a instalação de duas ou três câmeras fixas em vez de uma PTZ. É uma solução que não tem a mesma flexibilidade, mas dá a possibilidade de visualização em várias direções ao mesmo tempo. Além disso, em certas aplicações, as câmeras fixas podem dispensar a necessidade de implantação de centrais de monitoramento em tempo real, nos casos em que apenas imagens gravadas são utilizadas.

Câmeras móveis também são chamadas de **câmeras PTZ**, por possuírem movimentos de *pan* (horizontal), *tilt* (vertical) e *zoom*, que podem ser controlados remotamente. Não devem ser confundidas com câmeras de ronda, que são câmeras fixas instaladas sobre um mecanismo de vaivém na horizontal, sem controle remoto, embora câmeras PTZ possam ser programadas para modo ronda. Também não devem ser confundidas com câmeras embarcadas, que são câmeras (fixas ou PTZ) instaladas dentro de veículos. Os principais componentes de uma câmera PTZ são a câmera propriamente dita, a lente zoom, o mecanismo de pan-tilt, o receptor/drive de telecomando e a caixa de proteção. Até os anos 1990 era preciso adquirir estes componentes separadamente e montar a câmera. Atualmente, isto só é necessário caso se deseje uma configuração muito específica ou para repor um componente danificado, pois a maior parte dos modelos atuais é fornecida com todo o conjunto integrado. Alguns modelos possuem acessórios, como limpador de janela, com ou sem esguicho de água, ventiladores, aquecedores, iluminadores, protetores

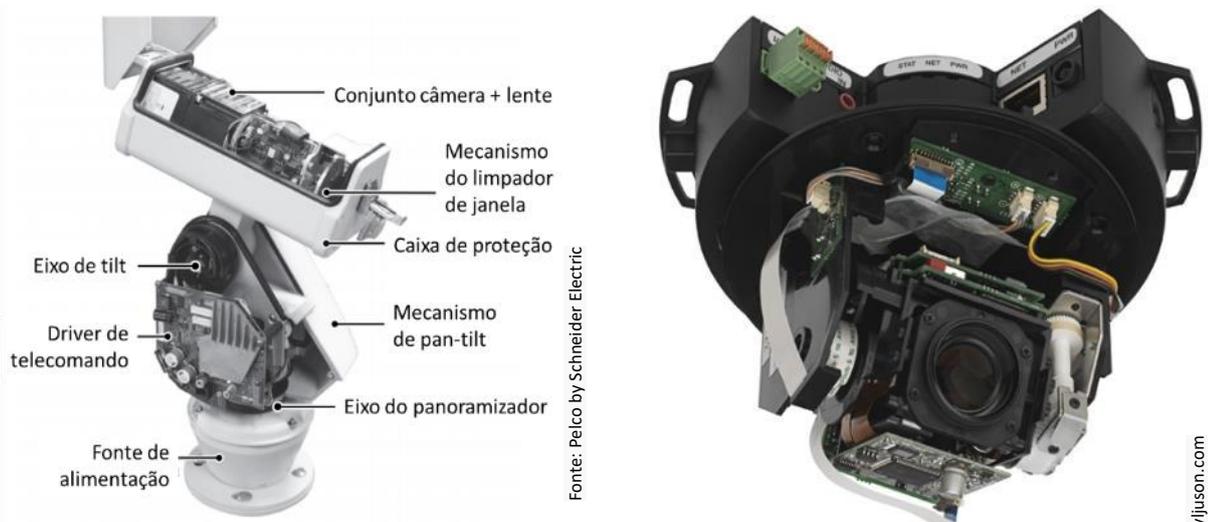


Figura 178. Esq.: principais componentes de uma câmera PTZ; dir.: por dentro de uma câmera domo-PTZ.

solares, suportes de fixação em poste, parede, teto etc. Ao contrário das câmeras fixas, o telecommando PTZ pressupõe um operador atuando sobre a imagem ao vivo e, portanto, a existência de uma central (as câmeras fixas podem apenas ficar gravando imagens, sem central).

As **câmeras domo** podem ser fixas ou PTZ. Como a fixação do domo é feita por cima da câmera, é possível ter uma visão desobstruída da cena logo abaixo da câmera, o que é mais difícil com uma PTZ. Numa câmera PTZ, o mecanismo de pan-tilt precisa sustentar o peso e movimentar a caixa com conjunto câmera e lente. Numa câmera **domo-PTZ**, o pan-tilt e parte dos componentes eletrônicos da câmera já estão *dentro* da caixa, logo, só precisa movimentar o conjunto câmera-lente, bem mais leve. Por isso, o pan-tilt de uma domo-PTZ pode ser muito menor e mais rápido do que numa câmera PTZ. Uma desvantagem das câmeras domo é que o campo de visão acima do horizonte é limitado (Figura 179). Enquanto numa câmera PTZ o ângulo de tilt positivo pode chegar a 40°, numa domo-PTZ dificilmente passará de 5°. Além disso, como a fixação é por cima, se a montagem for em poste haverá sempre um ponto cego, causado pelo próprio poste. É importante atentar também para o ângulo de giro de pan, que deverá ser sempre de 360° livres, pois há câmeras com batentes ou limitadores mecânicos de curso. Algumas câmeras domo-PTZ giram apenas 180°, mas possuem mecanismo de auto-flip, que, num movimento rápido, invertem a posição da câmera para que ela percorra os 180° restantes de forma quase imperceptível, possibilitando, na prática, um pan de 360°.

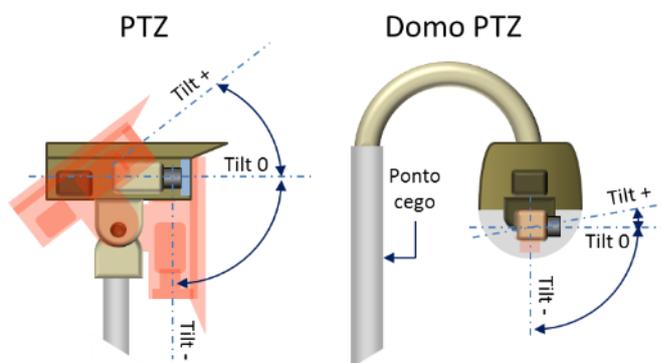


Figura 179. Comparação entre câmeras PTZ e domo-PTZ.

Como o domo não possui cantos vivos e fica voltado para baixo, acumula menos sujeira e é pouco afetado por gotas de chuva. A cúpula é feita de acrílico ou policarbonato e pode ser incolor ou escurecida. Neste caso, as pessoas observadas pela câmera não conseguem ver para onde a câmera está apontada, o que pode melhorar a segurança do ambiente. É preciso cuidado especial quanto à qualidade da cúpula, pois qualquer imperfeição, risco ou variação na espessura será vista como uma deformação da imagem, perceptível principalmente quando a câmera se movimenta ou com o zoom mais fechado. Câmeras **domo-fixas** também podem ser fornecidas com lente panorâmica de 360° (Figura 180). Instalada em um cruzamento, por exemplo, pode substituir até quatro câmeras fixas comuns. Alguns modelos possuem lentes panorâmicas e de ângulo normal no mesmo conjunto. Uma lente 360°, porém, sempre deforma a imagem, especialmente nas bordas, onde também ocorre uma redução do nível de detalhes. Isto pode ser parcialmente compensado com câmeras de alta resolução e softwares que corrigem a distorção, chamados **LDC** (*Lens Distortion Correction*). Embora as câmeras PTZ sem domo ainda representem uma parcela considerável do mercado analógico, os modelos domo-PTZ dominam a quase totalidade do mercado de câmeras de rede.



Figura 180. Imagem de câmera domo 360°.

A liberdade para apontar a câmera em qualquer direção torna as câmeras PTZ ideais para centrais de monitoramento em tempo real. Para sistemas de vigilância que operam exclusivamente com imagens gravadas, as câmeras fixas são mais indicadas, a não ser que se utilizem câmeras PTZ operando em modo ronda. Para isso, a câmera deverá dispor de **presets**, que são posições gravadas em memória. Neste caso, a câmera irá mover-se automaticamente de preset em preset, dentro de um intervalo de tempo e uma sequência programados. Os presets também podem ser acionados manualmente, numa central de monitoramento em tempo real. Numa especificação técnica, o mínimo de 20 presets por câmera será suficiente para atender às necessidades de monitoramento. O controle dos movimentos e do zoom pode ser feito por meio de teclado comum e mouse ou por uma **mesa controladora de vídeo**, onde o controle de movimento é feito, geralmente, por meio de um joystick.



Figura 181. Mesa controladora de vídeo.

Digifort

Alguns modelos de câmeras possuem PTZ com velocidade variável. O ajuste de velocidade pode ser feito pelo ângulo de inclinação do joystick ou em função do zoom. Quanto maior o zoom, menor será a velocidade do PTZ, pois, como o ângulo de visualização é menor, o posicionamento manual fica mais difícil. Em geral, a velocidade máxima não está disponível no controle manual, mas apenas nos presets.

Em monitoramento de tráfego, é comum a utilização tanto de câmeras fixas quanto PTZ ou ambas na mesma central. Neste caso, as câmeras PTZ são projetadas para locais em que é maior a probabilidade de ocorrências de tráfego, com as câmeras fixas em pontos secundários, geralmente com duas a quatro no mesmo poste. Quando o número de pontos a monitorar é muito grande, podem ser utilizados sistemas de detecção automática de incidentes (videodetecção) combinados a câmeras fixas (v. capítulo 12.5). Por isso, é possível encontrar câmeras fixas e PTZ no mesmo poste, com as primeiras usadas para videodetecção ou para permitir a visualização simultânea em várias direções.

## 12. SISTEMAS DE VÍDEO EM REDE IP

No vídeo em rede, também conhecido como vídeo IP, os fluxos de vídeo, áudio e dados são digitais e transmitidos por uma rede IP (*internet protocol*), e seus componentes são conectados a esta rede da mesma forma que computadores ou periféricos. Os sinais gerados e transmitidos são do mesmo tipo dos usados em uma rede de computadores, enquanto que sistemas analógicos usam sinais distintos para vídeo, áudio ou telecomando. No sistema analógico, as imagens são exibidas em monitores analógicos, o comando e a seleção das câmeras são feitos por um equipamento chamado matriz de comando e a gravação é em gravadores VHS. Num sistema digital em rede, todas estas operações podem ser feitas num único computador (embora sistemas maiores possam precisar de potentes servidores e unidades de armazenamento dedicados). Uma rede de CFTV digital permite acesso ao vídeo a partir de qualquer computador conectado à rede local (LAN) ou remota (WAN), como a internet. Em geral, os equipamentos de rede e computação usados numa rede de vídeo digital são componentes comuns de informática, encontrados normalmente em redes corporativas; portanto, muitos dos componentes do sistema não precisam ser adquiridos e usados exclusivamente para operar o CFTV, podendo ser compartilhados com outros sistemas da empresa.

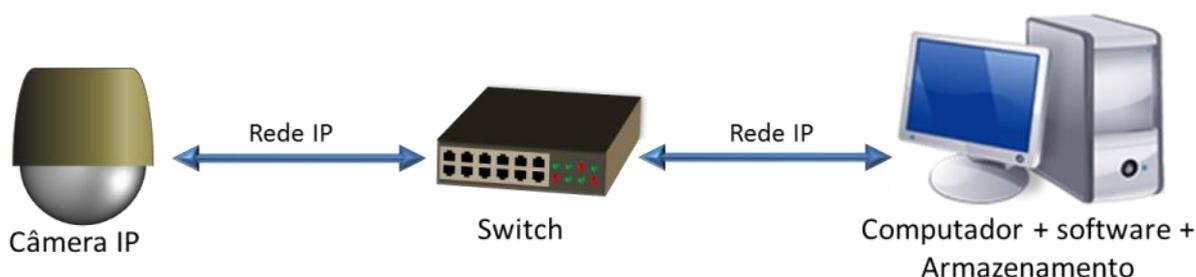


Figura 182. Componentes mínimos de um sistema de CFTV em rede.

A própria câmera de rede possui componentes típicos de um computador, como processadores e memória. Os processadores são usados para a construção e tratamento da imagem, compactação, conexão com a rede e análise de vídeo. A memória é usada para armazenar os programas internos da câmera e, nos modelos com vídeo a bordo, para armazenar o vídeo captado em cartão de memória. Diferentemente de uma *webcam*, que precisa estar conectada a um computador, uma câmera de rede possui seu próprio endereço IP e é conectada diretamente à rede<sup>73</sup>.

### 12.1 SISTEMA ANALÓGICO X DIGITAL

Enquanto um sistema digital de vídeo utiliza a infraestrutura de uma rede comum de computadores, o sistema analógico usa componentes específicos, dedicados a CFTV. O principal deles é a *matriz de seleção e comando*, que realiza, entre outras, a função de selecionar que câmera será exibida em cada monitor e de transmitir os sinais de telecomando para a câmera PTZ. A imagem é transmitida em um sinal padrão de vídeo composto (NTSC ou PAL), e o telecomando é enviado separadamente em um canal serial, como RS-232 ou RS-485. Em comparação com a transmissão digital, a transmissão analógica é mais simples. É uma tecnologia consolidada e amplamente conhecida. Como cada link de vídeo tem sua própria conexão física, a localização de falhas é mais fácil. Porém, a comunicação é unidirecional, ou seja, a câmera não recebe nenhuma informação sobre o estado de nenhum outro equipamento conectado.

<sup>73</sup> Fonte primária de informações neste capítulo: AXIS Communications. Guia técnico para vídeo em rede. 2013. 140p.

Desde os primeiros sistemas analógicos, era possível a transmissão de imagens em sua máxima resolução e máxima taxa de quadros. Este foi o principal motivo para a resistência inicial aos primeiros sistemas digitais, que tinham qualidade de imagem inferior aos analógicos. Esta deficiência já está superada. Porém, devido a limitações de banda e armazenamento, ainda é comum encontrarmos sistemas digitais com qualidade de imagem inferior à que poderia fornecer. Outra desvantagem de sistemas digitais é a dificuldade de clientes e usuários não especializados para dimensionar e configurar um sistema digital.

A seguir, relacionamos algumas vantagens de um sistema de CFTV digital sobre o analógico:

- **Melhor qualidade de imagem.** Embora existam câmeras digitais com qualidade muito inferior às analógicas (como algumas webcams de computadores domésticos), as câmeras digitais profissionais de CFTV têm melhor resolução e mais recursos para a correção de imagens em locais com más condições de visibilidade e podem usar varredura progressiva. Esta melhor qualidade ainda está passando por avanços tecnológicos constantes, enquanto que a tecnologia analógica está esgotada. Mesmo em sistemas analógicos com gravadores digitais (DVRs) o resultado é inferior, pois a imagem já é gerada na câmera com menor resolução, e as perdas causadas na transmissão e na conversão analógico-digital degradam ainda mais o sinal.
- **Sinal digital.** Um sinal digital não perde qualidade quando transmitido a longas distâncias ou quando é copiado. Numa câmera digital é possível selecionar diversas configurações de proporção e resolução, além de ser possível selecionar o que se deseja ver. Por exemplo, é possível ter uma visão ampla de uma via e, ao mesmo tempo, recortar somente a placa de um veículo. O sinal também pode ser gerado em diversos streams configurados individualmente.
- **Gravação e pesquisa.** Vídeos analógicos são gravados em obsoletas fitas VHS, uma câmera por vez. Fitas necessitam de trocas constantes, degradam-se em pouco tempo e precisam ser percorridas sequencialmente sempre que se deseja localizar um trecho gravado. Em sistemas digitais, é possível gravar várias (ou todas) as câmeras de uma só vez em discos rígidos. A pesquisa e a localização de um vídeo gravado são muito mais eficientes, pois é possível a localização imediata do arquivo por data, hora e local, sem a necessidade de percorrer centenas de horas de fitas.
- **Vídeo inteligente e detecção automática de incidentes.** Embora a possibilidade de gravar todas as câmeras ao mesmo tempo seja uma vantagem, isto acaba gerando um grande volume de informações, que tomariam muito tempo do operador para analisá-las. O monitoramento ao vivo de um grande número de câmeras também fica inviável se o número de operadores for pequeno. Sistemas de vídeo em rede possuem vários recursos que podem facilitar o trabalho do operador. Por exemplo, pode iniciar a gravação apenas quando identifica um evento e permite o registro de informações adicionais, os metadados, que facilitam a localização futura de um trecho de vídeo gravado. Por meio de softwares de análise de vídeo, é possível a ativação de alarmes de acordo com o tipo de atividade identificada, como, por exemplo, veículos na contramão ou congestionamentos (v. mais detalhes no capítulo 12.5).
- **Acesso remoto.** Um usuário autorizado pode acessar as imagens gravadas e ao vivo a partir de qualquer computador ou dispositivo móvel conectado à rede de vídeo em qualquer lugar do mundo com acesso à internet.
- **Facilidade de integração a outras tecnologias.** Caso o equipamento de vídeo digital seja baseado em protocolos abertos (o que nem sempre ocorre), é possível a operação de componentes de CFTV de diferentes fabricantes e sua integração a outros sistemas, como controle de semáforos e painéis de mensagens variáveis.
- **Escalabilidade e flexibilidade.** Um sistema de CFTV digital pode se expandir quase indefinidamente, sem grandes investimentos na infraestrutura existente. O mesmo cabo que transporta o sinal de vídeo pode ser usado para o transporte de qualquer tipo de dado digital, mesmo que não tenha nenhuma relação com o CFTV, gerando grande economia com transmissão de dados.

- **Relação custo-benefício.** Em geral, o custo de um sistema de CFTV digital é menor do que um analógico, principalmente se a empresa já dispõe de uma rede IP corporativa. O uso de câmeras e switches PoE geram economia na instalação da alimentação elétrica da câmera.
- **Segurança de comunicação.** Equipamentos de vídeo em rede oferecem várias opções para garantir a segurança das comunicações.

## 12.2 FLUXO DE VÍDEO (STREAM)

A sequência de quadros gerada por uma câmera é chamada de **fluxo de vídeo** ou *video stream*. A resolução e a taxa de quadros são os principais parâmetros que definem o stream. Em uma câmera digital, estes parâmetros são configuráveis, isto é, é possível ajustar os valores de resolução, taxa de quadros e formato de compactação conforme a necessidade, como, por exemplo, a limitação de banda de transmissão.

Alguns modelos de câmeras digitais podem gerar mais de um stream. Estas câmeras são chamadas **multistream**. Em câmeras multistream, cada stream pode ser configurado individualmente, embora, em alguns casos, nem todos os streams possam ser configurados para resolução máxima. A Figura 183 mostra uma câmera com três streams: no stream 1 a câmera está em sua máxima definição; no stream 2, a resolução máxima foi mantida, mas a taxa de quadros foi reduzida para 1/3 do stream 1 (os quadros em azul não são exibidos); no stream 3, a taxa de quadros foi mantida igual à do stream 1, mas a resolução foi reduzida.



Figura 183. Exemplo de câmera com 3 streams.

Num sistema de CFTV, o stream de maior resolução pode ser usado, por exemplo, para visualização ao vivo, enquanto que os demais para gravação e videodetecção.

Algumas câmeras possuem o recurso do **stream de múltipla visualização**. Neste caso, a partir de um stream principal, outros streams podem ser gerados como recortes, ou janelas do stream principal. No caso de monitoramento de tráfego, por exemplo, o stream principal pode ser mantido na imagem aberta, enquanto um segundo stream pode ser fechado na placa de um veículo, de forma mais eficiente e barata do que a instalação de duas câmeras.

Para que o vídeo multistream seja usado, no entanto, é preciso que o software de gerenciamento de vídeo (v. capítulo 16.3) suporte este recurso.

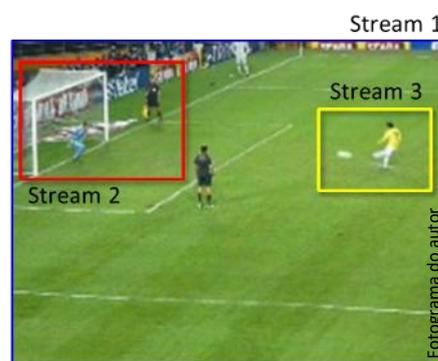


Figura 184. Exemplo de stream de múltipla visualização.

## 12.3 COMPRESSÃO DE VÍDEO

Um dos motivos para que os sistemas digitais tenham demorado para suplantar os analógicos é que o vídeo digital necessita de mais banda e ocupa mais espaço de armazenamento do que um vídeo analógico de definição equivalente. Embora a tecnologia para vídeo digital de alta definição já existisse desde os anos 1980, o tamanho dos arquivos era um obstáculo à sua popularização. O aperfeiçoamento de quatro fatores mudou esta situação: maior oferta de banda de transmissão, aumento da capacidade de armazenamento e de processamento (v. capítulo 6.4.3.1) e o aperfeiçoamento das técnicas de **compressão de vídeo**.

Considerando, num cálculo grosseiro, uma imagem com pixel de 24 bits, padrão NTSC (480 × 440 pixels) a 30 fps, teremos o seguinte volume de informações para ser transmitido:

$$24 \times 480 \times 440 \times 30 = \mathbf{152 \text{ Mbps}}$$
 (megabits por segundo)

Se este vídeo for gravado 24 horas por dia, ocupará um espaço em disco de:

$$152/8 \text{ bits} \times 3600 \text{ s} \times 24 \text{ h} = \mathbf{1,6 \text{ TB}}$$

Ou seja, para a gravação de uma única câmera, seria necessária uma banda de 152 Mbits por segundo e um espaço de armazenamento em disco de 1,6 terabytes por dia! Para comparação, um vídeo analógico de definição semelhante ocupa uma banda de 6 MHz (neste contexto, podemos considerar 1 MHz ≈ 1 Mbps).

Obviamente, estes valores são impraticáveis, além de ser desnecessário transmitir e armazenar toda a informação gerada pela câmera. Existem várias formas de reduzir o volume de dados, que podem ser aplicadas isoladamente ou de forma combinada:

- Redução da taxa de quadros (ou aumento do intervalo entre os quadros), chamada de **compressão temporal**;
- Redução do número de pixels que formam a imagem (resolução), chamada de **compressão espacial**;
- Redução do volume e da eficiência do armazenamento de dados, chamada de **compressão de dados**.

As duas primeiras já foram tratadas aqui, e nem sempre estão disponíveis em câmeras mais simples.

É importante ter em mente que quase todas as técnicas de compressão implicam alguma perda de qualidade. Existem técnicas de compressão sem perdas, como GIF, PNG, TIFF e algumas versões de JPEG e H.264, mas há um limite para a redução do tamanho do arquivo. Quanto maior a compressão (ou compactação), maior a perda de detalhes, contraste e cor. As técnicas de compressão podem reduzir consideravelmente o tamanho do arquivo original, mas sua intensidade deve ser escolhida com cuidado para evitar degradação excessiva da imagem. Comprimir exageradamente a imagem de uma câmera HD fará com que fique com qualidade semelhante à de uma câmera de baixa definição. Logo, não há razão para se investir em uma câmera de alta qualidade se as limitações de banda e armazenamento obrigarem ao uso de alta compressão. Vale a pena gastar algum tempo experimentando variados graus de compressão até se encontrar um meio-termo entre qualidade e tamanho do arquivo.

Para que um arquivo codificado possa ser exibido, é necessário um algoritmo de decodificação compatível, que faça o caminho inverso. Este par de algoritmos de codificação e decodificação é chamado **codec**. Existem diversos tipos de codec, tanto padronizados quanto exclusivos de determinados fabricantes, que, geralmente, são incompatíveis entre si. Técnicas de compressão mais eficientes estão

em constante desenvolvimento. Como não se sabe se um codec proprietário irá tornar-se padrão no futuro (devido ao constante avanço tecnológico), deve-se procurar a adoção apenas de codecs já padronizados. O ideal é a adoção de equipamentos e softwares que aceitem vários tipos de compressão, como M-JPEG e H.264.

Alguns sistemas de CFTV oferecem a possibilidade de exportar um arquivo de vídeo num formato de compressão diferente daquele com que foi gerado (por exemplo, H.264 e AVI). Isto significa que o vídeo é comprimido por um codec e exportado por outro. Este processo é chamado de **compressão em cascata**, e deve sempre ser evitado, porque as perdas geradas pelos dois codecs serão somadas, degradando muito a imagem final.

Os algoritmos de compressão de dados podem ser de dois tipos (que podem ser combinados): **compressão de imagem** e **compressão de vídeo**.

A **compressão de imagem** é feita em cada quadro individualmente (tecnologia *intraquadro* ou *intraframe*). A compressão do quadro é feita reduzindo-se as nuances e a resolução de cores e removendo-se informações redundantes ou pouco perceptíveis — dentro de certos limites, pois, usada com exagero a perda da informação será perceptível, criando um efeito chamado “blocagem” (Figura 185). Após a compressão, cada quadro, chamado **quadro I**, é enviado sequencialmente. O formato **M-JPEG** utiliza esta técnica de compressão.

A taxa de compressão não tem relação linear com a qualidade da imagem. Por exemplo, um arquivo comprimido a 90% tem apenas metade do tamanho de outro, comprimido a 30%, e não um terço. Por meio de simulações, é possível chegar a uma faixa ótima de compressão: de 30% a 50%. Abaixo disso, o arquivo fica muito grande; acima, a perda de qualidade não compensa a economia de espaço. Só deve ser usada se houver uma limitação crítica de largura de banda e espaço de armazenamento.



Figura 185. Os detalhes à direita comparam vários graus de compressão e a correspondente degradação da imagem.

A **compressão de vídeo** utiliza a técnica de predição entre quadros (*interframe*), isto é, utiliza o fluxo de vídeo, e não apenas o quadro isolado. Apenas alguns quadros de referência são transmitidos integralmente, enquanto os demais são parcialmente construídos com base nos quadros de referência.

Uma das técnicas de compressão de vídeo é a **compressão diferencial**, exemplificada na Figura 186. O primeiro quadro é o de referência (quadro **I**), que é integralmente codificado (com ou sem compressão intraquadro). Nos quadros seguintes (chamados **quadros P**) são codificadas apenas as diferenças em

relação ao quadro I, como o jogador, o goleiro e a bola (em destaque). O algoritmo reconhece as partes estáticas da imagem, como o campo e o árbitro, e apenas repete o que já havia codificado no quadro I. Caso o objeto em movimento não mude de forma (como a bola) é usada a técnica da *compensação de movimentos por bloco*, que “recorta” um bloco em torno do objeto em movimento e localiza a sua posição final no quadro I seguinte, vários quadros adiante. Com estas informações, a trajetória do movimento do objeto é calculada para os quadros intermediários, onde o bloco é copiado nas posições deduzidas pelo cálculo.



Figura 186. Compressão de vídeo por codificação diferencial. Só as diferenças nos quadros P são codificadas.

Uma das técnicas mais eficientes é a da *previsão entre quadros*. Nesta técnica os quadros são classificados em tipos I, P e B. O quadro I é independente e serve de referência para os demais, ocorrendo em intervalos regulares configuráveis. Ele servirá de referência, também, para o acesso aleatório a qualquer trecho do vídeo e para operações de avanço rápido e retrocesso. Na Figura 187, os quadros I são mostrados em verde. Os quadros P (azuis) são os quadros preditivos, que são construídos aproveitando partes dos quadros I e P anteriores (setas amarelas). Os quadros B, ou *interquadros bidirecionais* (vermelhos), são construídos com base em quadros anteriores (setas roxas) e posteriores (setas vermelhas).

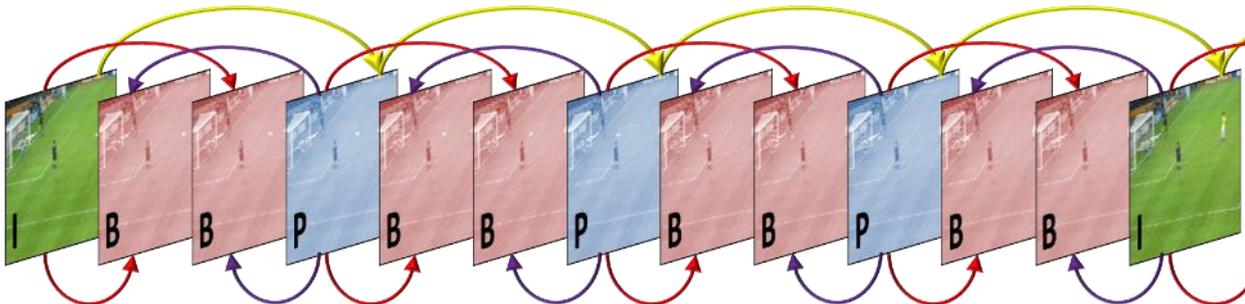


Figura 187. Técnica de compressão de vídeo por previsão entre quadros (fonte: Axis Communications).

Portanto, a maior parte da informação dos quadros intermediários não é captada pelo sensor da câmera, mas “deduzida” por um modelo matemático. Isto permite uma grande redução do tamanho do arquivo, mas, como grande parte da informação é gerada artificialmente, podem ocorrer erros de transmissão e falhas na imagem, especialmente quando há cenas com movimentos rápidos, como no acionamento do pan-tilt. Os formatos da família MPEG (MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 e H.264) utilizam esta técnica.

Como a geração do quadro B depende de quadros futuros, a imagem comprimida precisa ser gerada com atraso (*delay*). Outra fonte de atraso são os cálculos de compressão e descompressão, que são complexos e exigem grande capacidade de processamento. Os equipamentos utilizados para a transmissão do sinal, como switches, roteadores e conversores de mídia, também são fontes de atraso.

O próprio meio de transmissão gera atrasos. A fibra óptica transmite a 2/3 da velocidade da luz, ou seja, o sinal sofre um atraso de 5  $\mu$ s/km (microssegundos por quilômetro). Parece pouco, mas se considerarmos, por exemplo, o cabo submarino de 10 mil quilômetros que liga Los Angeles a Tóquio, o atraso entre sinal e resposta chega a 0,1 s. No caso de transmissão por radiofrequência, a velocidade é a mesma da luz (300.000 km/s). Devido às distâncias envolvidas, o atraso é mais perceptível em transmissões via satélite, chegando a 0,5 s entre ida e volta.

A soma de todos estes atrasos é chamada de **latência**. Em CFTV com câmeras IP de alta definição, compressão de vídeo e transmissão por fibra óptica, uma latência aceitável deve ficar entre 1 e 2 segundos. No caso de simples monitoramento ou gravação, uma latência um pouco acima disso não chega a ser um problema. Porém, no caso de câmeras PTZ, uma latência alta torna o controle do movimento da câmera impraticável.

A Figura 188 mostra a transmissão de um jogo de futebol em três televisores ao mesmo tempo. O televisor 1 é um velho aparelho analógico com recepção via antena (radiofrequência). Como a transmissão RF terrestre é quase instantânea, a imagem é exibida sem atraso perceptível. O televisor portátil 2 também recebe o sinal RF via antena, porém a transmissão é digital. Devido aos processos de compressão e descompressão, o sinal chega atrasado 3 segundos em relação ao televisor 1, como podemos comprovar pelo tempo do jogo em destaque (16:13 menos 16:10). O televisor 3 também é digital, mas o sinal é transmitido via cabo e sofre um atraso de 2 segundos em relação ao televisor 2 e 5 segundos em relação ao televisor 1 (16:13 menos 16:08). O atraso em relação ao segundo aparelho se deve ao processo de codificação/decodificação realizado pela operadora de TV a cabo e também por ser uma imagem de alta definição, que exige mais tempo de processamento e, portanto, maior latência. Por isso, somente a transmissão do televisor 1 pode ser considerada verdadeiramente “ao vivo”.

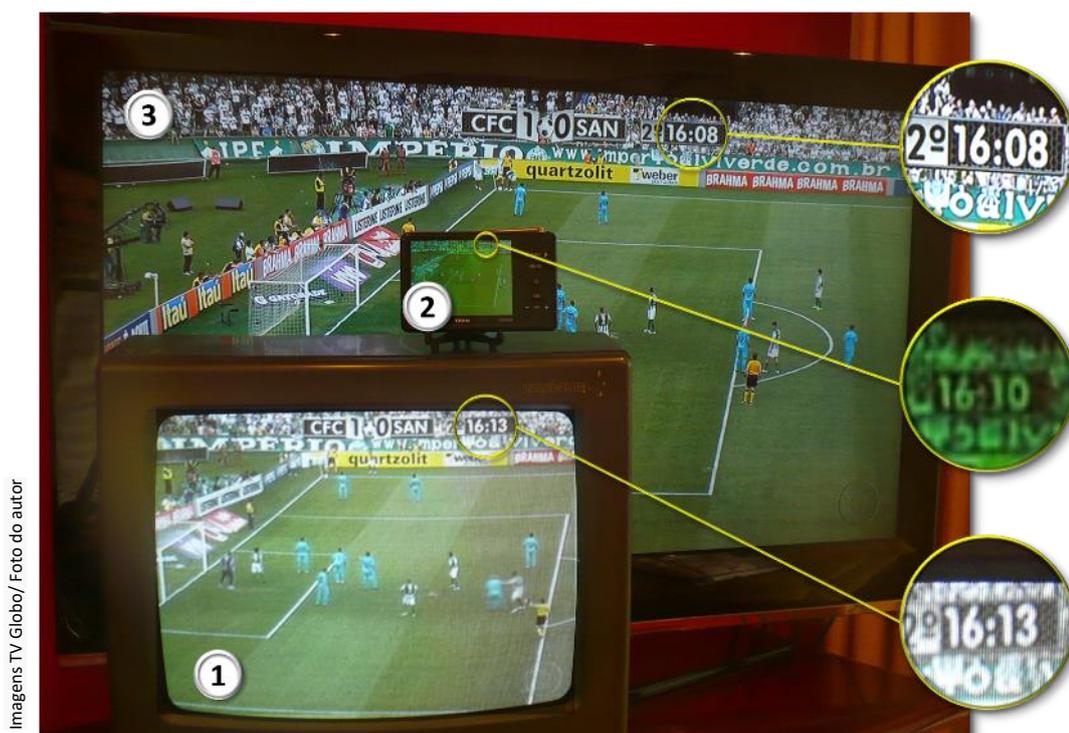


Figura 188. Exemplos de latência em 3 situações.

### 12.3.1 FORMATOS DE COMPRESSÃO

Existem diversos formatos de compressão de vídeo, e novas versões, cada vez mais eficientes, estão em constante desenvolvimento. Neste texto, iremos tratar dos padrões mais usados em CFTV: **M-JPEG** e **H.264**, que pertencem a dois grandes grupos: **JPEG** e **MPEG**, respectivamente. São formatos criados nos anos 1980 e padronizados por organizações internacionais, como ISO (*International Organization for Standardization*) e IEC (*International Electrotechnical Commission*), ambas sediadas na Suíça. Além destas, o VCEG (*Video Coding Experts Group*), subgrupo da ITU (*International Telecommunication Union*), agência

pertencente às Nações Unidas, desenvolveu, os formatos H.261 e H.263. Também desenvolveu o **H.265** (ou MPEG-H parte 2 ou HEVC — *High Efficiency Video Coding*), provável futuro sucessor do H.264, pois alcança uma redução da taxa de bits da ordem de 60% em relação ao H.264 e, aos poucos, vem sendo incorporado a um número cada vez maior de equipamentos e fabricantes. Neste texto, daremos mais ênfase ao H.264 pois é a tecnologia mais consolidada no momento.

O M-JPEG, ou Motion-JPEG é baseado no formato de compressão de fotografia JPEG (*Joint Photographic Experts Group*) e utiliza a técnica de compressão de imagens intraquadros. Já o grupo MPEG (*Motion Picture Experts Group*) foi criado especificamente para compressão de vídeo e desenvolveu, entre outros, os formatos MPEG-2 e MPEG-4 (v. capítulo 12.3). No final dos anos 1990, o MPEG e o VCEG formaram um novo grupo, chamado JVT (*Joint Video Team*), com o propósito de criar uma nova geração de codificação de vídeo, que resultou no desenvolvimento do H.264 (ou MPEG-4 parte 10 ou MPEG-4 AVC — *Advanced Video Coding*), o formato mais utilizado hoje, tanto em CFTV quanto em televisão digital e Blu-ray.

Por ser derivado do formato JPEG para fotografia, o M-JPEG é simplesmente uma sequência de fotos comprimidas neste padrão. Como os quadros são independentes entre si, se um deles se perder devido a uma falha de transmissão, o restante do vídeo não será afetado, ao contrário dos formatos interquadros, como MPEG, que perderão vários quadros até encontrar o próximo quadro I de referência.

O H.264, sucessor do MPEG-4, tornou-se praticamente o formato padrão por sua elevada taxa de compressão com pouca perda de qualidade. Pode se apresentar em dois perfis: O *Baseline Profile* utiliza apenas os quadros do tipo **I** e **P**, enquanto que o *Main Profile* utiliza os três tipos (**I**, **P** e **B**). Por não utilizar os quadros **B**, o Baseline Profile tem menor latência, mas o Main Profile comprime o fluxo de vídeo em 10% a 20% mais. Uma comparação direta da taxa de compressão entre diversos tipos não é precisa, pois depende do tipo de imagem que está sendo captada: quanto menos movimentada for a cena, maior será a compressão. Porém, numa comparação aproximada, um vídeo H.264 Baseline Profile ocupa até 50% menos banda do que MPEG-4 com compensação de movimento e 6 vezes menos do que M-JPEG.

Nos padrões H.264 e MPEG-4 a taxa de bits pode ser selecionada entre constante e variável. A primeira é recomendável quando se dispõe de pouca banda, de forma que a taxa de bits é fixada para se adequar às limitações da banda. Com taxa de bits variável, mais usada, a largura de banda aumenta ou diminui de acordo com a intensidade do movimento em cena.

A Tabela 9 mostra a taxa de transferência obtida pelos formatos H.264 e M-JPEG diante de diversos cenários. Esta tabela e a seguinte foram calculadas a partir da ferramenta online da Axis Communications, disponível em <[http://www.axis.com/pt/products/video/design\\_tool/v2/](http://www.axis.com/pt/products/video/design_tool/v2/)>. Outras ferramentas podem ser encontradas no capítulo 16.2.

Cenário	H.264 (kbps)	M-JPEG (kbps)	H.264/M-JPEG
Recepção de escritório (iluminação normal)	214	3.250	7%
Recepção de escritório (mal iluminado)	364	3.250	11%
Cruzamento (iluminação normal)	308	3.290	9%
Cruzamento (mal iluminado)	523	3.290	16%
Pátio de escola (iluminação normal)	289	4.050	7%
Pátio de escola (mal iluminado)	492	4.050	12%
Escadaria (iluminação normal)	452	4.920	9%
Escadaria (mal iluminado)	768	4.920	16%
Estação de trem (iluminação constante)	1.090	5.330	20%

Tabela 9. Comparação entre H.264 e M-JPEG para vídeo de resolução 4CIF a 18 fps e taxa de compressão de 50% (fonte: Axis).

Como estes cenários são simulados, há um grande grau de imprecisão, pois as características variam muito de um local para outro e ao longo do dia. Podemos tirar algumas conclusões a partir da tabela:

- Quanto maior o movimento da cena, maior a taxa de transferência (banda) necessária. Isto acontece porque uma cena com muitos objetos é mais complexa para os algoritmos de compressão;
- Em ambientes mal iluminados, a taxa de transferência em H.264 é cerca de 70% maior do que em ambientes com iluminação normal. Isto ocorre porque o ruído gerado pelo sensor em cenas de pouca luz é interpretado como objetos em movimento;
- Por não utilizar técnica interquadros, a compressão em M-JPEG não é afetada pela iluminação ambiente;
- Quanto maior o movimento da cena, menor é a vantagem do H.264 sobre o M-JPEG. Ainda assim, no pior caso, o formato H.264 usa apenas 20% da taxa de transferência do M-JPEG.

A eficiência da compressão também é influenciada pela taxa de quadros, como mostra a Tabela 10:

Compressão (kbps):	1 fps	6 fps	12 fps	18 fps	24 fps	30 fps
<b>H.264 — Cruzamento, iluminação normal</b>	34	127	225	308	386	466
<b>H.264 — Cruzamento mal iluminado</b>	58	216	383	523	657	793
<b>MJPEG — Cruzamento</b>	189	1.100	2.200	3.290	4.390	5.470

Tabela 10. Compressão em função da taxa de quadros. Vídeo com resolução 4CIF e taxa de compressão de 50% (fonte: Axis).

Esta tabela pode ser mais bem compreendida se a taxa de transferência for dividida pela taxa de quadros. Desta forma, podemos comparar diretamente o consumo de bits por segundo de cada quadro, conforme mostrado em forma de gráfico na Figura 189. A partir deste gráfico, podemos concluir:

- A compressão M-JPEG praticamente não sofre influência da taxa de quadros;
- A compressão H.264 é fortemente influenciada pela taxa de quadros. A 1 fps, o vídeo ocupa o dobro da banda — por quadro — de um vídeo a 30 fps;
- Para qualquer taxa de quadros, a diferença entre H.264 em ambientes bem ou mal iluminados mantém-se constante em 70%;
- A partir de 12 fps, a diferença de H.264 bem iluminado para M-JPEG estabiliza-se na proporção de 10%.

Apesar de ser menos eficiente em termos de compressão, o M-JPEG tem menor latência e é mais indicado para videodetecção e quando a taxa de quadros é muito baixa ou se for preciso extrair um quadro estático, já que todos os quadros são captados pela câmera e não gerados por um algoritmo matemático. Além disso, ao contrário do H.264 e do MPEG-4, o M-JPEG é um formato não licenciado, ou seja, não é necessária a aquisição de licença de uso. O ideal numa especificação é que a câmera ofereça pelo menos dois streams: H.264 e M-JPEG.

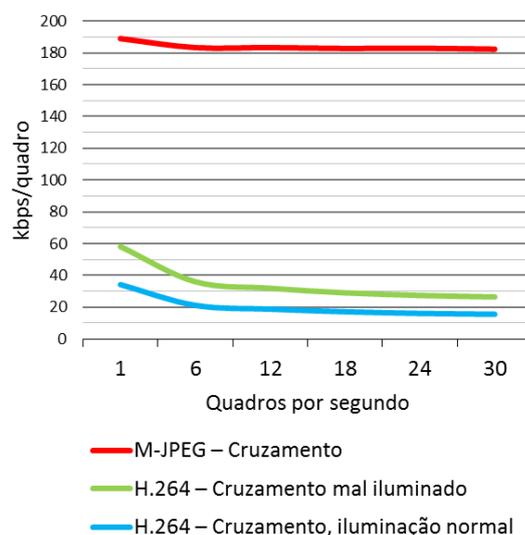


Figura 189. Compressão x taxa de transferência (fonte: Axis Communications).

## 12.4 CODIFICADORES DE VÍDEO (ENCODERS)

Ao dimensionar um sistema de CFTV novo, o projetista só tem que se preocupar com a interação entre os diversos equipamentos digitais. Porém, como o momento é de transição entre sistemas analógicos e digitais, o projetista irá deparar-se frequentemente com sistemas mais antigos, analógicos, que precisam migrar para a tecnologia digital. Com relação aos equipamentos da central, como as matrizes analógicas e gravadores VHS, não há salvação e seu destino é a aposentadoria. Quanto às câmeras, a solução mais simples é substituir as analógicas por digitais. Em instalações pequenas ou muito antigas, esta solução é a mais indicada, mas em sistemas com dezenas ou centenas de câmeras, seria um desperdício descartar todo o investimento feito ao longo dos anos, especialmente considerando que muitas câmeras analógicas podem estar funcionando perfeitamente. Pode valer mais a pena fazer a substituição gradualmente, à medida que a vida útil das câmeras analógicas for se esgotando.

Enquanto isso, as câmeras analógicas legadas precisam continuar funcionando no novo sistema com infraestrutura digital. Para isso, é necessária a inclusão de **codificadores de vídeo**, ou **encoders**, entre a câmera e a central, em comunicação com ou sem fio. O encoder converte o sinal de vídeo analógico em digital, de forma que o sistema irá enxergar esta câmera como se fosse digital. Um encoder pode vir com várias funções que também podem ser encontradas em câmeras digitais, como processamento de imagens, compressores de vídeo, multistream, análise de vídeo, software de desentrelaçamento, entradas e saídas de áudio, portas para cartão de memória e I/O para acionamento de equipamentos externos e alarmes e portas PoE. Alguns modelos possuem também portas seriais, como RS-232, RS-422 e RS-485, para o comando de câmeras PTZ e outros dispositivos. É importante verificar se o encoder suporta o mesmo protocolo do PTZ da câmera. Para isso, o fabricante precisa oferecer o driver compatível com a câmera, para ser instalado no encoder.

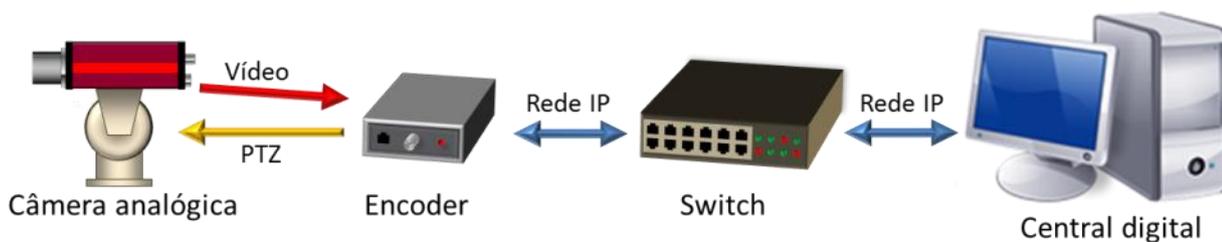


Figura 190. Conexão de uma câmera analógica a uma rede IP por meio de encoder.

O encoder mais simples tem apenas um canal analógico, ou seja, pode ser conectado a apenas uma câmera e, geralmente, é instalado junto a ela. Se o sistema possui muitas câmeras, é mais econômico e prático instalar um encoder de múltiplos canais na central ou em um ponto de concentração, em vez de um encoder em cada câmera. A versão montada em rack pode ser uma boa opção para sistemas grandes ou com perspectiva de expansão, já que cada placa (ou *blade*) pode ser adquirida de forma avulsa, à medida que o número de câmeras cresce.

Uma câmera analógica NTSC de boa qualidade tem resolução aproximadamente igual a 4CIF (704 × 480) ou D1 (720 × 480) a 30 fps. Portanto, esta é a maior resolução que um encoder pode alcançar, pois não há razão para se fabricar um encoder com resolução maior do que a câmera analógica comum pode captar. O inverso, no entanto, é possível. Alguns modelos de encoder oferecem várias opções de resolução e taxa de quadros.



Fotos: Axis Communications

Figura 191. Exemplos de encoders independentes de 1, 4 e 16 canais (esq.) e um rack com 14 “blades” de 6 canais.

Um **decodificador** de vídeo (*decoder*) faz o inverso do encoder, isto é, converte um sinal de vídeo digital para analógico. É usado, principalmente, para exibir a imagem de vídeo digital (ou de câmeras analógicas convertidas por encoders) em monitores analógicos ou televisores antigos. Se a central já possui uma infraestrutura digital, inclusive monitores, seu uso é desnecessário.

## 12.5 VÍDEO ANALÍTICO

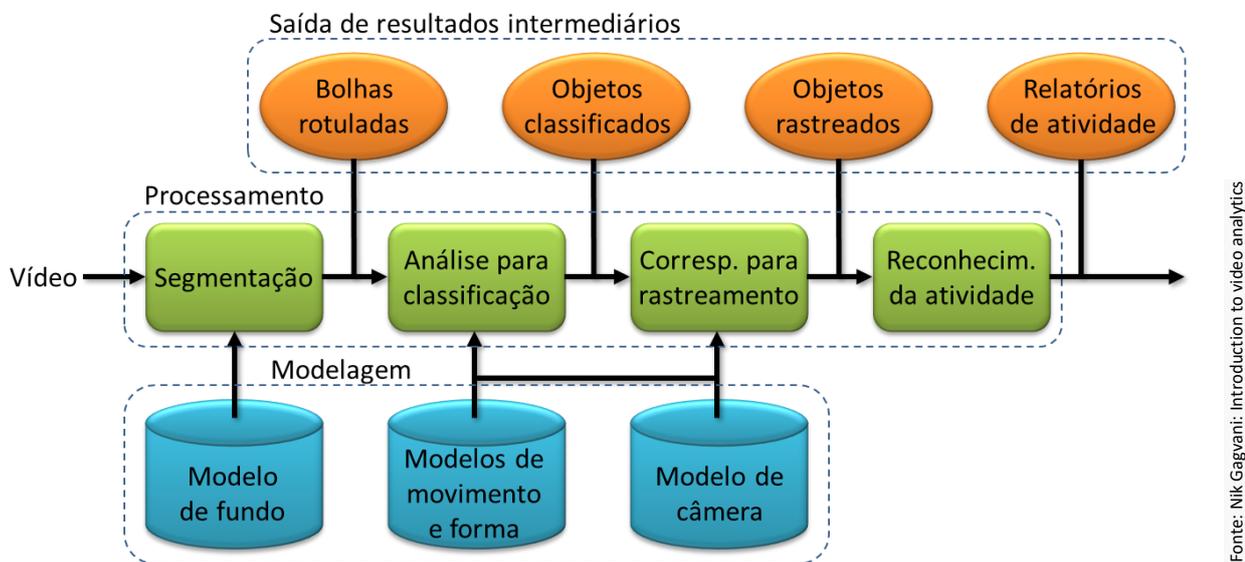
Em um sistema de monitoramento de vídeo em tempo real, as imagens das câmeras são observadas ao vivo em uma central de operações, onde operadores devem identificar e reagir rapidamente a situações excepcionais. Em sistemas com poucas câmeras ou em cenas de pouco movimento, o operador pode executar esta tarefa de forma razoavelmente eficiente. Em sistemas onde o operador precisa observar muitas câmeras, porém, alguns incidentes importantes podem demorar a chamar sua atenção, ou mesmo passar despercebidos. A tecnologia de Análise de Conteúdo de Vídeo (VCA, em inglês), mais conhecida como **vídeo analítico** (ou *videodetecção*), é uma ferramenta capaz de analisar as imagens e identificar certos eventos. Além de aumentar a eficiência do monitoramento, alivia o operador do trabalho de observar imagens em que nada acontece a maior parte do tempo, liberando-o para tarefas mais nobres, como tomar as providências adequadas para solucionar o problema detectado.

Embora seja usada normalmente sobre imagem ao vivo, o analítico também pode ser usado em vídeo gravado. Ainda que esteja em rápida evolução e tornando-se cada vez mais eficiente, a tecnologia de análise de vídeo funciona como apoio ao operador — e não um substituto — já que sempre caberá ao operador a decisão sobre as providências devidas. Algumas aplicações que um vídeo analítico pode oferecer:

- **Detecção de movimento.** Dispara um alarme ou inicia a gravação quando identifica algum movimento em ambientes onde se espera que haja pouco ou nenhum movimento. A aplicação mais comum é para economizar espaço de armazenamento, pois o vídeo só é gravado quando há algum movimento.
- **Detecção de incidentes.** Identifica um comportamento fora do padrão, como a parada de um veículo numa rua movimentada.
- **Detecção de objetos.** Identifica a presença (ou ausência) de um objeto (carros, pessoas etc.) em uma área específica da imagem.
- **Coleta de dados.** Conta o número de objetos que passaram pela cena, podendo também classificar por tamanho e determinar sua velocidade.
- **Reconhecimento.** Identifica rostos ou placas de veículos registrados em um banco de dados.
- **Detecção de adulteração.** Identifica se a posição da câmera foi alterada ou se a lente foi obstruída.
- **Detecção de intrusão.** Alerta sobre a invasão de um perímetro restrito.
- **Monitoramento de risco.** Dispara alarme de detecção de fumaça e fogo.
- **Rastreamento.** Segue uma determinada pessoa ou objeto enquanto se move na cena.

A rigor, a detecção de movimento não deveria ser considerada uma forma de vídeo analítico. O objetivo do vídeo analítico não é apenas detectar o movimento, mas qualificar o movimento como sendo de um objeto, entender o contexto em torno dele e rastreá-lo pela cena. Basicamente, o analítico precisa detectar as mudanças que ocorrem em quadros de vídeo sucessivos, qualificar as mudanças em cada quadro, correlacionar as mudanças em múltiplos quadros e interpretar estas mudanças correlatas.

A forma como a análise de vídeo é realizada varia de um fabricante para outro, mas pode ser resumida como uma série de passos de processamento<sup>74</sup> que fornecem um nível crescente de detalhes sobre a cena (Figura 192). O processo de detectar mudanças e extrair estas mudanças para análise posterior é chamado de *segmentação*. Os pixels que sofreram mudanças são chamados de *pixels de primeiro plano* e aqueles que não sofreram alterações são chamados de *pixels de fundo*. Por isso, a segmentação também é chamada de *subtração de fundo*. Os pixels que sobram após o fundo ter sido subtraído são os pixels de primeiro plano. O resultado da segmentação é uma ou mais “bolhas” de primeiro plano. Uma *bolha* é um conjunto de pixels conectados.



Fonte: Nik Gagvani: introduction to video analytics

Figura 192. Passos de processamento de análise de vídeo.

A *classificação* é o processo que qualifica cada bolha e designa um rótulo de classe a ela, como pessoa, veículo, animal etc. Em algumas aplicações, além da classificação, também é necessário o *reconhecimento*, que é o processo de identificação de um caso específico, como a placa de veículo ou um rosto. O reconhecimento necessita de uma análise mais profunda e conhecimento prévio do objeto que está sendo reconhecido.

O *rastreamento* das bolhas classificadas de primeiro plano acontece em múltiplos quadros enquanto o objeto se desloca no campo de visão, podendo ter direção e velocidade variáveis ou estar temporariamente estacionário. Cada bolha é conectada à sua posição correspondente no quadro seguinte, possibilitando o cálculo da sua trajetória.

O último passo é o *reconhecimento da atividade*, que combina os resultados da classificação e do rastreamento, correlacionando as trilhas de múltiplas bolhas para deduzir a atividade que está ocorrendo no vídeo. Por exemplo, se duas bolhas rotuladas como “veículo” se aproximam de forma alinhada, poderá

<sup>74</sup> GAGVANI, Nik. Introduction to video analytics. EE Times, 2008. Disponível em: <[http://www.eetimes.com/document.asp?doc\\_id=1273834](http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1273834)>. Acesso em: Sep. 2014.

ser interpretado como dois veículos cruzando-se em uma rua de mão dupla. Se o programador informou previamente ao sistema que a rua é de mão única, o sistema irá disparar um alarme de veículo na contramão. Por outro lado, nem todo objeto em movimento é de interesse da análise de vídeo, como folhas de árvore e sombras. O algoritmo precisa saber reconhecer este tipo de atividade e ignorá-la.

Como a maioria dos analíticos necessita de um fundo fixo para ser tomado como referência, a câmera utilizada também deverá ser fixa. Câmeras PTZ também podem ser utilizadas, mas sua posição não poderá ser alterada enquanto estiver realizando alguma função de videodetecção. Alguns analíticos conseguem identificar automaticamente a área de detecção, mas com funções muito limitadas e elevada taxa de erros. Por utilizar a diferença entre quadros numa sequência, a compressão M-JPEG é mais indicada para videodetecção do que H.264, pois esta não transmite todos os quadros. Como o contraste entre o objeto e o fundo facilita a detecção, câmeras monocromáticas e térmicas são mais eficientes do que as câmeras em cores.

O software analítico precisa ser configurado antes de começar a operar. O programador — que pode ser o próprio operador — deve definir uma ou mais áreas de detecção na imagem, que são figuras geométricas ou linhas desenhadas manualmente na tela, também chamadas de *laços virtuais*. Para que a análise seja feita, o software precisa de alguma referência para saber o tamanho aproximado dos objetos de interesse (pessoas, veículos, via) em vários pontos do campo de visão, já que objetos mais distantes parecerão menores devido à perspectiva. Por isso, em alguns casos, como quando se deseja realizar medição de velocidade ou tamanho do veículo, pode ser necessário realizar algumas medições na via para fornecer os parâmetros que o algoritmo irá utilizar (*parametrização*).

A análise de vídeo pode ser feita tanto na central quanto no ponto de câmera. Quando o analítico é feito no ponto da câmera, é possível obter o vídeo antes de qualquer compressão ser aplicada, o que torna a detecção mais eficiente. Por isso, o uso de banda é menor, pois não é preciso transmitir um stream de vídeo de alta definição para a central. Eventualmente, é possível transmitir para a central apenas quando ocorre um incidente. Ao distribuir a inteligência pelos pontos de câmera, o sistema fica mais imune a uma falha crítica, pois esta falha pode ficar restrita a um único ponto, ao contrário do que ocorreria com uma falha de central. O módulo analítico, porém, precisa ser mais robusto e resistente a altas temperaturas quando a câmera está em ambiente externo. O acréscimo de equipamentos significa, também, mais consumo de energia, que pode ser limitada em campo, especialmente com o uso de PoE. Algumas câmeras possuem softwares analíticos embutidos. É uma opção mais barata do que um conjunto de câmera mais módulo analítico, mas é pouco flexível e, em caso de falha, a câmera só pode ser substituída por outra do mesmo fabricante.

A análise de vídeo na central pode ser feita via hardware, como módulos eletrônicos, ou via software. O software pode ser adquirido separadamente e instalado no servidor da central ou vir embutido no software de gerenciamento de vídeo. A análise na central exige que a imagem seja transmitida em melhor qualidade, o que significa mais banda de transmissão. Como toda a análise é feita no mesmo local, é necessária uma capacidade de processamento do servidor muito maior, aumentando o custo com computadores. Se forem usadas câmeras analógicas codificadas na central, as perdas de sinal na transmissão podem diminuir a eficiência da detecção. Porém, a instalação em central é mais flexível, pois novos módulos analíticos podem ser acrescentados facilmente e sua manutenção é mais simples. Com o analítico na central, a análise pode ser feita também sobre o vídeo gravado, e não apenas ao vivo; com o analítico em campo, isto só é possível se a câmera for dotada de cartão de memória. Uma central é um ambiente protegido, refrigerado e, geralmente, dotado de *nobreaks* ou geradores de energia, o que aumenta a segurança contra falhas, acidentes e vandalismo.

Em monitoramento de tráfego, as categorias de videodetecção mais utilizadas são: Detecção Automática de Incidentes (DAI), Estações de Coleta de Dados (ECD) e Leitura Automática de Placas (LAP), que podem reunir várias funcionalidades.

### 12.5.1 DETECÇÃO AUTOMÁTICA DE INCIDENTES (DAI)

A **Detecção Automática de Incidentes** tem a finalidade de auxiliar o operador na tarefa de identificar rapidamente a ocorrência de incidentes de tráfego. Ao ocorrer um incidente, o sistema irá disparar alguma ação, como:

- Ativar um alerta sonoro na sala de controle;
- Abrir uma janela no monitor com a imagem da câmera que captou o incidente;
- Ativar um preset do PTZ, para apontar outras câmeras em direção ao incidente;
- Iniciar uma gravação da câmera que captou o incidente;
- Incluir o incidente no log de eventos, com o tipo de incidente e uma foto do local;
- Ativar um dispositivo externo, como um relê, acionado pela câmera;
- Enviar um SMS ou e-mail de alarme com foto do incidente para o operador;
- Enviar uma notificação ao sistema para que este inicie alguma função.

Os tipos de incidentes mais comuns que podem ser detectados são:

- Alerta de veículo na contramão;
- Alerta de presença de pedestres e animais na pista;
- Alerta de tombamento de carga na pista;
- Alerta de obstrução ou mudança de posição da câmera;
- Alerta de veículo parado na pista (por acidente, pane mecânica etc.);
- Alerta de congestionamento ou lentidão, com identificação de pista, faixa e sentido;
- Alerta de veículo parado fora da pista (estacionamento irregular ou parada por pane);
- Alerta de visibilidade precária (chuva ou neblina intensa, fumaça etc.).

Alguns algoritmos usados pelo sistema DAI podem ser bastante complexos, como a detecção de congestionamento, que não depende apenas do comportamento de um veículo, mas de um grupo de veículos em uma área em determinado espaço de tempo. O sistema precisa determinar a velocidade média do grupo de veículos ou o seu tempo de ocupação na área de detecção, além de distinguir um congestionamento de uma situação de lentidão previsível, como a aproximação de semáforos.

A Figura 193 mostra um exemplo de tela de configuração de um sistema DAI com o desenho de suas áreas de detecção; toda a atividade que ocorrer fora destas áreas será ignorada pelo sistema. Trata-se de um exemplo apenas ilustrativo, uma compilação de diversos tipos de analíticos, pois a cena é complexa demais para ser interpretada por um único analítico. Cada analítico pode ter vários laços, mas cada laço executa apenas um número limitado de funções. Na prática, geralmente são necessários vários módulos analíticos, um para cada atividade, cujas telas são mostradas sobrepostas no exemplo. Em alguns casos, o fornecedor precisa criar novas funções para atender a uma necessidade específica do cliente.

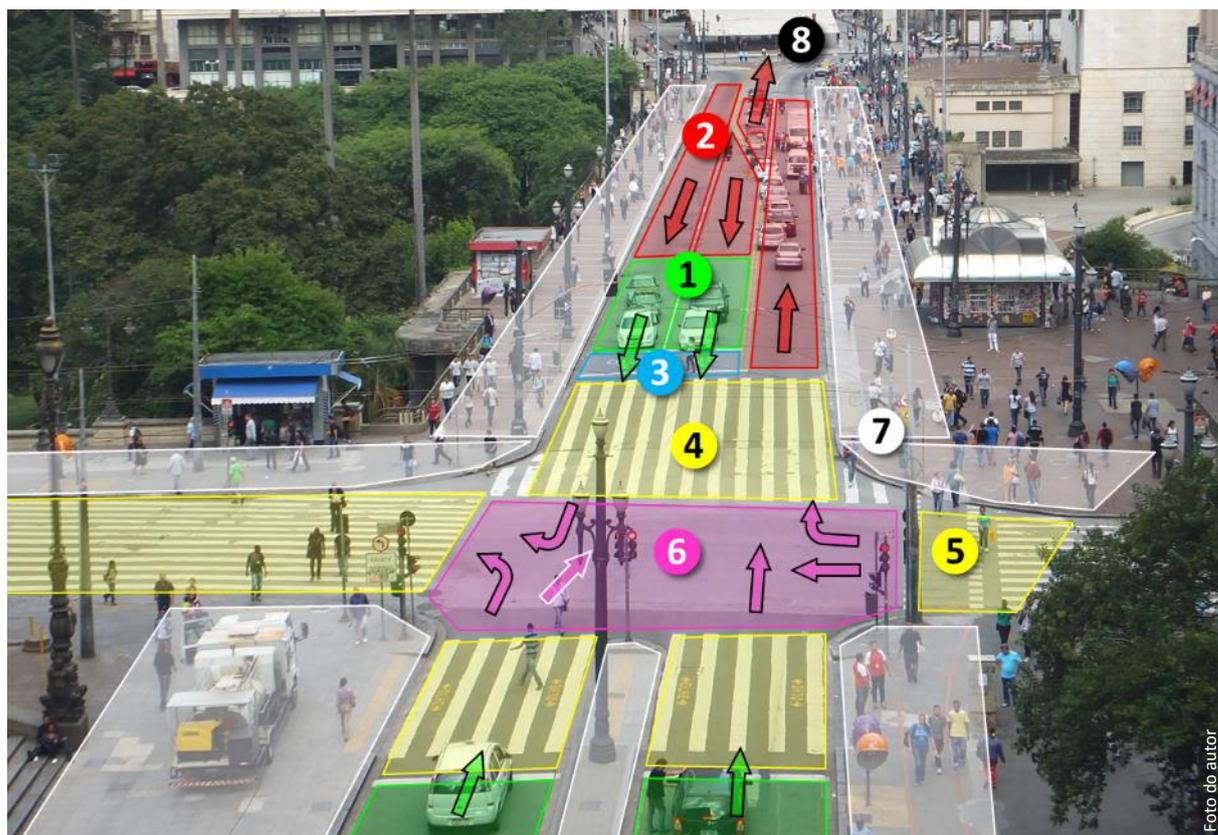


Figura 193. Zonas de detecção de um sistema DAI.

Os laços ①, em verde, são detectores de veículo. Detectam situações como veículos parados ou na contramão; para isso, o programador deve informar, por meio das setas, qual é o sentido de tráfego permitido na via. Também deve informar o tempo mínimo para que seja apontado um veículo parado, pois o veículo pode estar parado apenas por causa do semáforo. Os laços ②, vermelhos, funcionam de forma semelhante, mas também detectam congestionamento, pois, se o veículo ocupar este espaço por um tempo acima do programado, é indício de formação de fila, e não uma simples parada devido ao semáforo, como no laço verde. O laço ③, azul, é área de espera para motos; outros veículos podem passar por ela, mas não parar.

A área ④, amarela, é de travessia de pedestres; veículos podem passar por ela e fazer paradas breves. O alarme é disparado se o tempo de parada ultrapassar um limite predeterminado. Se o analítico for associado a um equipamento de fiscalização, é possível detectar veículos que atravessam no semáforo vermelho. A área ⑤ tem a mesma função, mas o desenho do laço precisou ser alterado para evitar a copa da árvore, pois o movimento da folhagem poderia gerar falsos alarmes. A área ⑥, lilás, é semelhante à ①, porém, como se trata de cruzamento, os movimentos são mais complexos; as setas lilás indicam os movimentos possíveis. Qualquer outro movimento (de veículo) irá gerar um alarme. A seta de contorno branco indica um movimento possível apenas num período específico; no caso, aos domingos. A área ⑦, branca, é exclusiva de pedestres. O alarme é disparado se for ocupada por um veículo, mas não imediatamente, pois é possível que haja uma entrada de garagem. Nenhum laço foi configurado na região ⑧. Isto porque é uma área distante da câmera, onde a detecção é menos precisa. A câmera foi posicionada de forma a evitar que o céu aparecesse no alto da imagem, para que o excesso de contraste gerado por um céu brilhante não dificultasse a detecção.

As áreas de detecção são visíveis apenas nas telas de configuração do sistema. Durante a operação de rotina, o operador vê a tela limpa, exceto nos momentos em que ocorre um incidente, como

exemplificado na Figura 194, que é mostrada em preto e branco para destacar os eventos. Os eventos considerados normais são mostrados como retângulos verdes, enquanto que os incidentes são mostrados em vermelho.

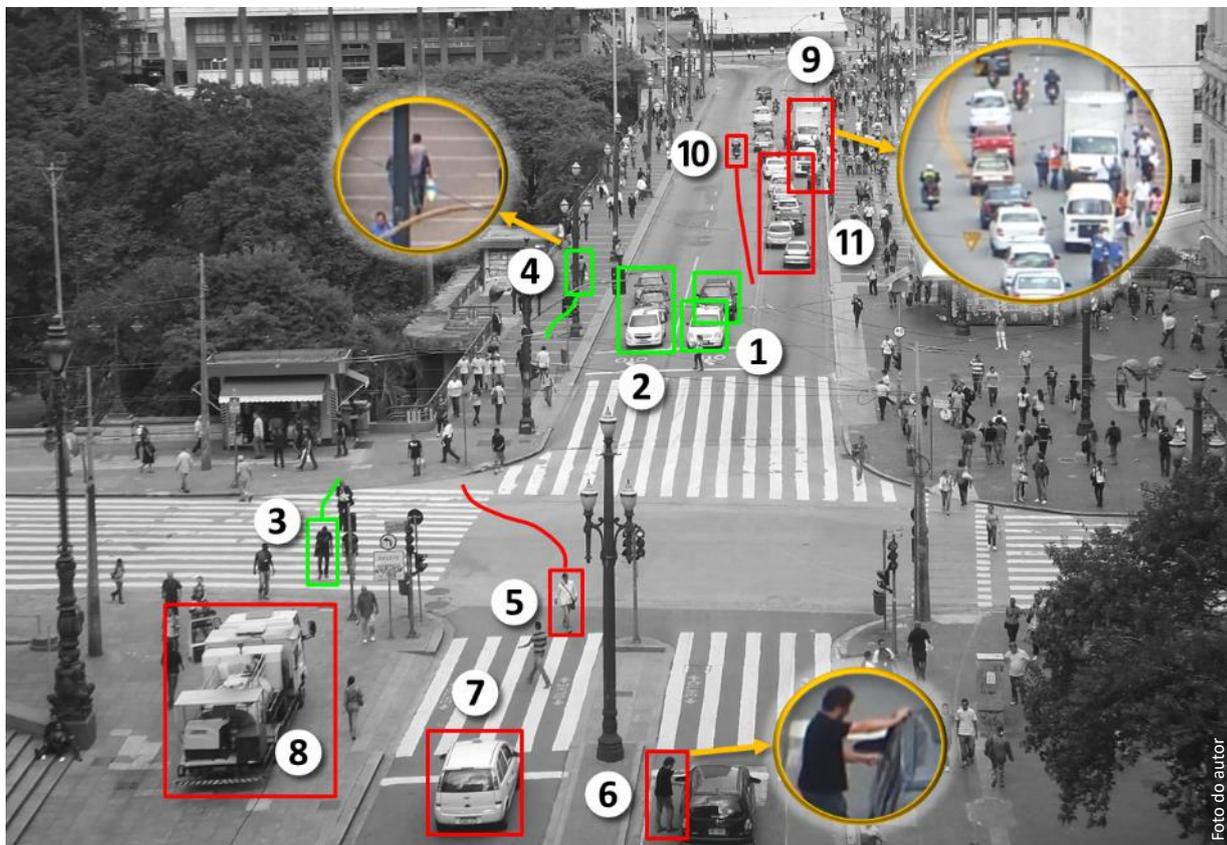


Figura 194. Exemplos de incidentes detectados.

O evento **1** da Figura 194 apenas detecta a presença do veículo. Pelo tamanho e forma como se movimenta, é possível classificar o tipo de objeto (pessoa, carro, caminhão, motocicleta etc.). Se um objeto encobre outro por certo tempo, o sistema poderá identificar o grupo de objetos como se fosse um só, como em **2**. O evento **3** reconhece um pedestre caminhando sobre a faixa. A linha verde que sai do retângulo mostra sua trajetória. No exemplo, é mostrada a detecção de apenas um pedestre, mas, na verdade o sistema está detectando todos os pedestres e veículos ao mesmo tempo.

Como vimos no capítulo 12.5, tudo o que aparece estático na cena é interpretado como “fundo”. Nem sempre o fundo fica atrás do objeto em movimento, como é o caso do pedestre **4**, que passa por trás do poste. Por ser estático, o poste é considerado parte do fundo. Por meio do rastreamento, alguns softwares analíticos conseguem identificar que o pedestre que desaparece atrás do poste é o mesmo que ressurge momentos depois, do outro lado.

O incidente **5** mostra um pedestre atravessando a rua fora da faixa. Numa área como esta, cheia de pedestres, o número de ocorrências será tão grande que a melhor opção é apenas gravar o evento, sem alarme, para ser usado apenas no caso de investigação de acidentes. O incidente **6** mostra um pedestre falando com um motorista. Em monitoramento de tráfego, este evento seria ignorado, mas se o objetivo for segurança pública, o comportamento do pedestre será considerado suspeito e um alerta de segurança será disparado.

O incidente 7 mostra um veículo avançando sobre a faixa de pedestres. O incidente 8 mostra um caminhão estacionado em área exclusiva de pedestres. Em 9, o analítico identifica dois veículos estacionados irregularmente na via, mas não é capaz de perceber que estes veículos estão parados na contramão. Isto acontece porque a detecção de sentido proibido só é possível com o veículo em movimento, como ocorre com a motocicleta em 10. O rastro vermelho começa no momento em que a moto cruza da sua faixa para a de sentido contrário. No incidente 11, os veículos na fila ocuparam o laço por um período longo o suficiente para ser considerado congestionamento.

Como vimos, em muitos casos não é interessante que o alarme de incidentes dispare imediatamente, pois é prudente que se aguarde algum tempo — variável, dependendo do tipo de incidente — para que se confirme que o evento não é apenas uma anomalia temporária. Além disso, se o disparo fosse imediato, o número de falsos alarmes seria enorme, desacreditando o sistema. Porém, mesmo no caso de disparo correto, pode ser frustrante para o operador ser alertado com atraso, pois uma informação importante — a causa do incidente — foi perdida. Por isso, muitos sistemas de detecção de incidentes oferecem um recurso chamado *buffer*. Trata-se de uma gravação que se inicia automaticamente minutos antes do evento e se encerra minutos depois ou quando o operador desejar. Como não é possível prever quando ocorrerá um incidente, o buffer permanece gravando o tempo todo, de forma cíclica: depois de alguns minutos sem que ocorra um incidente, a gravação mais recente apaga a mais antiga.

## 12.5.2 ESTAÇÃO DE COLETA DE DADOS (ECD)

Em muitas situações, é possível que se passem horas ou dias sem que ocorra um incidente diante da câmera com vídeo analítico. Isto não significa que o sistema ficou ocioso. Mesmo em situações de rotina, há muita informação que pode ser gerada por um vídeo analítico. Uma **Estação de Coleta de Dados** utiliza os recursos de um vídeo analítico para obter diversas informações, como contagem de veículos e pessoas, classificação (carro, caminhão, ônibus, motocicletas, pedestres etc.) e tempo de ocupação na área de detecção. Também é possível medir velocidade, mas não para fins de autuação, pois o analítico não tem precisão suficiente. A principal diferença para o sistema DAI é que este precisa da informação imediata, enquanto que num sistema ECD a informação é acumulada durante algum tempo, para fins estatísticos. Por isso, em alguns casos, a imagem nem precisa ser enviada para a central, mas apenas os dados. As informações de um ECD são usadas para diversas finalidades, como dados estatísticos de fluxo de veículos para projetos de engenharia de tráfego.

Sistemas analíticos baseados no mesmo princípio do ECD (embora não sejam propriamente ECD) podem ser usados em outras aplicações como complementos de outros sistemas, como pedágio e controle semafórico. Para este último, o vídeo analítico utiliza os laços virtuais criados nas câmeras como substitutos dos laços físicos (de fios metálicos) construídos sob o pavimento (Figura 195). Estes laços são usados para calcular os tempos de ocupação dos veículos na via, informação necessária para que os softwares de controle de semáforos calculem os tempos de verde e vermelho em tempo real. Para que não ocorra oclusão de um veículo sobre outro, a câmera é posicionada perpendicularmente sobre a via. Por isso, esta instalação é chamada de *overhead*.



Fonte: CET; fotograma extraído de sistema Iteiris/TESC

Figura 195. Imagem captada por detector para controle semafórico. Os traços brancos (alguns em destaque) indicam o local onde o veículo foi detectado.

### 12.5.3 LEITURA AUTOMÁTICA DE PLACAS (LAP)

O sistema analítico com **Leitura Automática de Placas** — LAP (ou LPR, de *License Plate Recognition*) é baseado na tecnologia de **Reconhecimento Óptico de Caracteres** (OCR, em inglês). A tecnologia OCR reconhece formas a partir de imagens de vídeo e as associa a letras e números, como os de placas de veículos.

Um sistema LAP raramente é usado de forma autônoma; quase sempre é uma ferramenta usada por alguma aplicação. A mais conhecida é a de fiscalização de infrações de trânsito. Neste caso, pode estar associada, por exemplo, a radares de medição de velocidade ou sistemas DAI contra desrespeito ao semáforo. Pode fiscalizar veículos que desrespeitam o rodízio e, associado a bancos de dados da Polícia e do Detran, pode identificar veículos roubados ou com documentação irregular.

Mas não é usado apenas para fiscalização. Em controle de acesso a estacionamentos, é usado para permitir a entrada apenas de veículos cadastrados. Associado a um sistema ECD, pode reconhecer que o mesmo veículo passou diante de duas câmeras e, assim, medir o tempo de percurso num determinado trecho de via. Repetindo a operação com vários veículos, é possível calcular uma média e informar aos demais motoristas (via painéis de mensagens variáveis, aplicativos de celular ou rádio) a estimativa de tempo para o trecho que irão percorrer.



Foto do autor

Figura 196. Câmeras (dir.) e iluminadores infravermelhos (esq.) para fiscalização com LAP para três faixas de rolamento.

Ao contrário de sistemas ECD e DAI, que podem funcionar bem mesmo com câmeras de qualidade mediana, um sistema com LAP pode perder muito da sua eficiência se não usar câmeras de boa qualidade, bem posicionadas e bem iluminadas (com iluminadores infravermelhos). Se a imagem não tiver boa qualidade, ainda que a placa seja legível, não poderá ser usada como evidência para a aplicação de multa. Como muitos veículos podem passar em alta velocidade diante da câmera, a taxa de quadros precisa ser alta e o obturador rápido; caso contrário, o quadro com a placa na posição correta pode se perder ou aparecer borrado. Como geralmente é preciso captar o veículo inteiro, a placa ocupa uma pequena parte do quadro, necessitando, portanto, de uma boa resolução e uma lente adequada para que os caracteres sejam reconhecidos. O capítulo 11.2.3.1 mostra os cálculos de dimensionamento de câmera e lente para leitura de placas.

Iluminação, contraste, ângulo de visualização, distância do objeto, velocidade do veículo, limpeza da placa, taxa de quadros, velocidade do obturador, resolução da câmera, abertura da lente e probabilidade de acertos exigida são algumas das variáveis que influenciam a eficiência da leitura da placa (v. mais detalhes no capítulo 12.5.4). Por isso, não há consenso entre especialistas e fabricantes sobre a resolução mínima necessária e nem mesmo quanto à forma de medi-la<sup>75</sup>. Se a referência adotada for a largura de placa, podemos encontrar de 145 ppm a 350 ppm. Se adotarmos a altura do caractere, encontraremos de 15 a 24 pixels. Considerando que as placas adotadas no Brasil têm 40 cm de largura e cada caractere tem 65 mm de altura (novo padrão Mercosul; o caractere do modelo antigo era de 63 mm), foi possível adotar a mesma referência para todos os modelos pesquisados e chegar a um valor médio de **300 ppm** de largura de placa ou caractere de **18 pixels** de altura, para uma taxa de reconhecimento de 95%.

## 12.5.4 DESEMPENHO E CONFIABILIDADE

Por mais eficiente que seja, não se deve esperar que um vídeo analítico tenha desempenho infalível. Os dois fatores de desempenho mais importantes são a *probabilidade de detecção* e a *taxa de alarmes falsos*. A **probabilidade de detecção** (ou *precisão*) é a probabilidade de que o sistema detecte o que o usuário quer ver. A **taxa de alarmes falsos** (ou *falsos positivos*) é o número de vezes que o sistema dispara um alarme sem que um evento de interesse tenha ocorrido<sup>76</sup>. Uma taxa de um alarme falso por dia parece pouco, mas num sistema de 500 câmeras, por exemplo, significa um falso positivo a cada três minutos, o que pode comprometer a confiabilidade de todo o sistema.

Há vários fatores — internos e externos — que podem influenciar o desempenho de um sistema analítico. Estes fatores podem ser divididos em: **ambientais**, **computacionais** e **definição de precisão**<sup>77</sup>.

### Fatores ambientais:

- **Ângulo da câmera.** Influencia vários fatores, como perspectiva, oclusão e segmentação dos objetos;
- **Distância do objeto.** Objetos muito distantes são formados por poucos pixels, que podem não ser suficientes para a detecção correta. Objetos muito próximos também podem não ser detectados corretamente devido à distorção da imagem;
- **Nível de iluminação.** Um nível mínimo de iluminação é necessário para que o objeto seja destacado corretamente em relação ao fundo. Mudanças bruscas de iluminação podem gerar falsos alarmes;
- **Nível de atividade.** Em geral, quanto maior a movimentação em cena, maior a probabilidade de falsos alarmes;
- **Clima.** As variações das condições meteorológicas (sol, chuva, neblina, vento, sombras) podem causar erros na análise do vídeo;
- **Fundo.** Mudanças constantes no plano de fundo, como árvores agitadas pelo vento, podem interferir no desempenho da análise do vídeo.

<sup>75</sup> Fontes consultadas: MIRALHA, Ricardo. Até quanto uma câmera pode enxergar? Revista Digital Security, No. 25, pg. 72-74. Set. 2013; WHERE should I put my camera to use InnoEdge? In: INNOEDGE Q&A, 2014. Disponível em: <<http://www.innoware-edge.com/questions-answers>>. Acesso em: Oct. 2014; INNOWARE. InnoEdge User Manual, 2014. 9p.; IPCONFIGURE. Embedded License Plate Recognition. Norfolk, EUA, 2013. 26p.; AXIS Communications. Resolução necessária. Disponível em: <<http://www.axis.com/pt/academy/identification/resolution.htm>>. Acesso em: Oct. 2014; IMAGSA The Innovative View. 10 Tips For Best Free-Flow ANPR Deployment. 6p.; LISA-MINGO, Ferran. All for one, one for all. Revista Thinking Highways, Londres, v. 4 N. 1, p. 56-58. Apr. 2009; DIGIFORT Pty Ltd. License Plate Recognition: About Digifort LPR System, 2011. Disponível em: <[http://www.digifortcommunity.com/uploads/3/DIGIFORT\\_LPR\\_-\\_AUTOMATIC\\_LICENSE\\_PLATE\\_RECOGNITION.pdf](http://www.digifortcommunity.com/uploads/3/DIGIFORT_LPR_-_AUTOMATIC_LICENSE_PLATE_RECOGNITION.pdf)>. Acesso em: Oct. 2014; BOSCH Security Systems. DINION capture 5000, 2013. Disponível em: <<https://objects.eanixter.com/PD380633.PDF>>. Acesso em: Oct. 2014.

<sup>76</sup> BSIA - British Security Industry Association. An introduction to video content analysis - Industry guide. 2009. 10p.

<sup>77</sup> Definição dos três fatores: AIMETIS Corp. White Paper: Factors that Influence video analytic performance. Waterloo, Canada, 2009. 5p.

### Fatores computacionais:

- **Poder de processamento.** Analíticos para detecção de pequenos objetos em movimento rápido exigem mais processamento, pois, para a detecção de pequenos objetos, é necessária resolução mais alta e objetos rápidos precisam de maior taxa de quadros;
- **Resolução.** Normalmente, é possível realizar a análise com resolução CIF (352 × 240 pixels) quando é preciso economizar recursos de processamento, exceto se for necessário detectar pequenos objetos;
- **Taxa de Quadros.** A maioria dos analíticos precisa de apenas 5 a 8 fps, exceto se for necessário detectar objetos em movimento rápido;
- **Disco Rígido.** As informações obtidas pelo analítico — os metadados — são gravados no disco rígido para uma busca posterior. O espaço ocupado pelos metadados, no entanto, é desprezível se comparado com o espaço ocupado pelo próprio vídeo;
- **Memória.** Quando instalado em servidor, o vídeo analítico irá necessitar de mais memória RAM, que será tanto maior quanto maior for a taxa de quadros e a resolução da imagem.

### Definição de Precisão:

É possível que o desempenho de um vídeo analítico seja baixo apenas por causa da forma como este desempenho é medido. A determinação da precisão do analítico é um tanto complexa, não apenas por causa de fatores mencionados acima, mas também pela própria definição da palavra *precisão*. Por exemplo, uma probabilidade de 95% de detectar corretamente veículos na contramão pode ter diferentes significados para pessoas diferentes. Por isso, ao especificar um grau de precisão para um produto que pretende adquirir, o projetista deve deixar clara a fórmula de cálculo que pretende adotar para que suas expectativas não sejam frustradas devido a uma simples falha de interpretação. Além disso, os próprios limites da precisão precisam ser definidos; por exemplo: será limitada pelo período de tempo (por dia, por mês etc.), pelo total de eventos, pelo número de detecções?

Vamos supor uma via por onde circulam 500 mil veículos por mês. Num determinado mês, o vídeo analítico detectou corretamente um veículo trafegando na contramão, mas também disparou 500 alarmes falsos. Qual é a precisão do sistema?

- **Interpretação nº 1: Precisão de 100%.** Por esta interpretação, um veículo trafegou na contramão e foi detectado corretamente.  
*Número de eventos: 1*  
*Número de detecções corretas: 1*  
*Fórmula de precisão:  $1/1 = 100\%$*
- **Interpretação nº 2: Precisão de 0,2%.** Nesta interpretação, pode-se argumentar que o analítico detectou 501 eventos, mas só um estava correto.  
*Número de eventos: 501*  
*Número de detecções corretas: 1*  
*Fórmula de precisão:  $1/501 = 0,2\%$*
- **Interpretação nº 3: Precisão de 99,9%.** Neste caso, pode-se argumentar que o analítico avaliou 500 mil eventos (total de veículos que passaram pela via) e identificou corretamente 499.500 eventos.  
*Número de eventos: 500.000*  
*Número de detecções corretas: 499.500 (500.000 veículos menos 500 erros)*  
*Fórmula de precisão:  $499.500/500.000 = 99,9\%$*

Qual das três interpretações é a correta? Todas, desde que o texto da especificação técnica deixe claro qual das fórmulas será adotada.

**Conclusões:**

Ao ser implantado, todo sistema analítico precisa passar por um período de estabilização para que as características do ambiente sejam absorvidas e para que o instalador verifique possíveis falhas de posicionamento não previstas no projeto. Além disso, é preciso um acompanhamento constante sobre as condições ambientais, pois novas interferências podem surgir com o tempo, como folhagens no campo de visão e acúmulo de sujeira na janela da câmera.

É importante que a instalação seja acompanhada de um programa de treinamento dos operadores, pois, com frequência, a baixa confiabilidade da detecção é resultado de uma configuração ou parametrização deficiente.

## 13. COMUNICAÇÃO EM REDE

Uma diferença fundamental entre os sistemas analógico e digital é a forma como o sinal de vídeo é construído. Num **sinal analógico**, a informação é transmitida por meio de variações discretas de tensão ao longo do tempo, o que significa que esta tensão pode assumir infinitos valores entre o máximo e o mínimo. Qualquer ruído ou atenuação ocorrida na transmissão será repassado para o receptor. Quanto maior for a distância e o número de repetidores, maior será o ruído. O resultado será uma imagem degradada, com “chuvisco” e perda de definição e contraste. Cabos blindados, bons conectores, filtros e amplificadores no receptor conseguem reduzir parte da distorção, mas o sinal recebido nunca será exatamente igual ao transmitido, pois, ao amplificar o sinal de vídeo, o ruído também é amplificado.

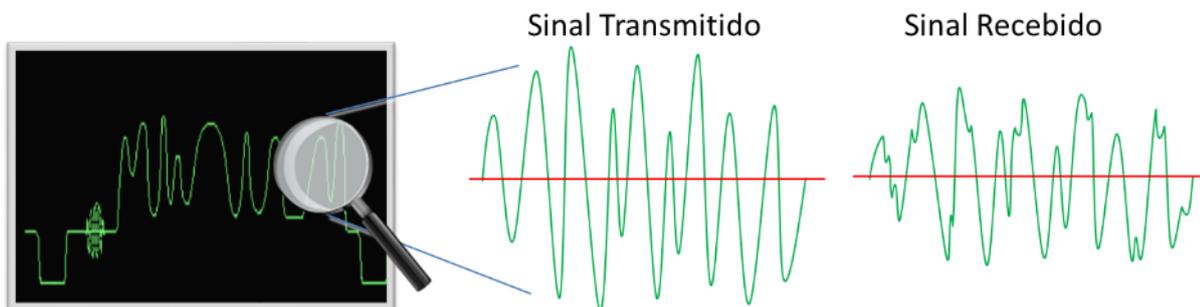


Figura 197. Sinal de vídeo analógico. O detalhe mostra o efeito do ruído no sinal recebido.

No **sinal digital**, a tensão só pode assumir dois valores (ou estados): o máximo (um) ou o mínimo (zero), sem meio termo. Ruídos e atenuações também podem distorcer o sinal digital. Porém, ainda que o valor se desvie de zero ou um, o receptor irá interpretá-lo como zero ou um, o que for mais próximo. Por isso, o sinal recebido será uma cópia fiel do transmitido. Se a distorção for maior do que a capacidade de correção do receptor, o sinal será interrompido. Os sistemas digitais possuem mecanismos para detectar erros de transmissão.

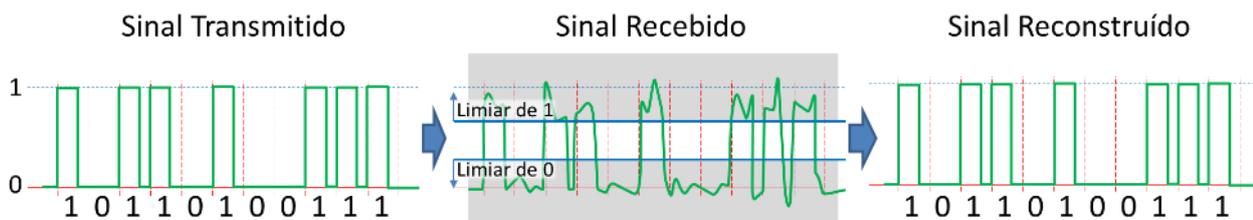


Figura 198. Sinal digital. Mesmo com distorção, qualquer parte do sinal além dos limiares de zero ou um (áreas cinza) no intervalo de tempo de sincronismo ('clock', linhas vermelhas) será reconstruída como zero ou um, respectivamente.

Câmeras IP transmitem fluxos de vídeo (streams) digitalmente por meio de uma rede, como LAN (rede local) e internet. Estas câmeras têm um limite de velocidade de saída dos dados, devido ao tempo de processamento necessário para organizar as informações, comprimir o fluxo de vídeo e transmitir os dados. Outra limitação é a rede de transmissão IP. A largura de banda é finita e precisa ser compartilhada entre todas as câmeras conectadas à rede, o que pode obrigar a uma configuração de compactação que adéque a qualidade da imagem à banda de transmissão disponível. Como novos equipamentos podem ser constantemente agregados à rede, é recomendável que a rede seja projetada com capacidade bem acima daquela necessária inicialmente.

Uma rede LAN (*Local Area Network*) realiza a comunicação entre diversos equipamentos, como computadores, em uma área limitada, cuja tecnologia mais usada é a *Ethernet*, que utiliza o padrão **IEEE 802.3**. O IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) é a maior associação internacional de profissionais técnicos e referência para normas, padrões e especificações na área de eletrônica. O tráfego de dados entre os diversos dispositivos é controlado por equipamentos ativos, como **switches**. Alguns tipos de switch possuem roteadores integrados. Os roteadores são usados para a comunicação entre redes LAN ou entre uma rede LAN e a internet.

Os sistemas de transmissão digital possuem várias velocidades padronizadas, como 10BASE-T (10 Mbits/s, pouco para vídeo em rede), 100BASE-T (ou *Fast Ethernet*) e 1000BASE-T (ou *Gigabit Ethernet*). Um equipamento com interface para estas três velocidades é chamado, abreviadamente, de 10/100/1000. Padrões mais recentes chegam a 10 e 100 gigabits/s, usados em *backbones* e redes que necessitam trafegar um grande volume de dados em altas velocidades.

A segurança da rede pode ser garantida de diversas formas. Por exemplo, é possível a autenticação com nome de usuário e senha, filtros de endereço IP, autenticação com IEEE 802.1X e criptografia de dados com HTTPS (SSL/TLS) ou VPN. É imprescindível prever a instalação de **firewall** (por software e/ou hardware) para impedir o acesso não autorizado à rede.

É importante ter em mente que o stream de vídeo é transmitido dentro de uma janela de tempo rigorosamente controlada. Caso ocorra algum erro durante a transmissão, como dados corrompidos ou atrasos significativos, o stream de vídeo será corrompido. Se algum dado for perdido, não há um mecanismo que solicite a retransmissão da parte corrompida, como ocorreria na transmissão de um arquivo de dados, pois a transmissão por stream prioriza a precisão de tempo em detrimento da integridade dos dados. Há vários métodos para auxiliar neste processo, como o uso da “Qualidade de Serviço” (**QoS**, em inglês), que prioriza uma parcela da banda para um tipo de dado específico, como o stream de vídeo, e técnicas de compressão que reduzem o impacto de pequenos trechos corrompidos, detectando e ocultando erros.

Para que um dispositivo se comunique com outro por uma rede, é preciso que tenha um **endereço de IP** único. O endereço IP atribuído a um dispositivo funciona como um nome que o identifica. A versão de endereçamento mais usada hoje é **IPv4**, de 32 bits divididos em 4 blocos de 8 bits, como no exemplo: 255.255.255.255. Devido ao crescente número de dispositivos conectados à internet, as combinações possíveis de endereços IPv4 estão próximas do esgotamento. Por isso, muitos dispositivos, inclusive câmeras, já adotam o novo padrão **IPv6**, de 128 bits, divididos em 8 blocos de 16 bits escritos em notação hexadecimal. Por exemplo: FFFF: FFFF: FFFF: FFFF: FFFF: FFFF: FFFF: FFFF.

## 13.1 TRANSMISSÃO POR FIO E FIBRAS ÓPTICAS

O meio mais comum de transmissão de vídeo analógico a curta distância é o cabo coaxial, composto de um fio de cobre envolvido por uma malha isolada de cobre. Cabos de **par trançado** (TP ou *twisted pair*), são amplamente usados tanto em redes digitais quanto transmissões analógicas de curta distância (em geral, até 100 metros). Os tipos mais usados em redes LAN são Cat-5, Cat-5e e Cat-6, compostos de quatro pares de fios de cobre.

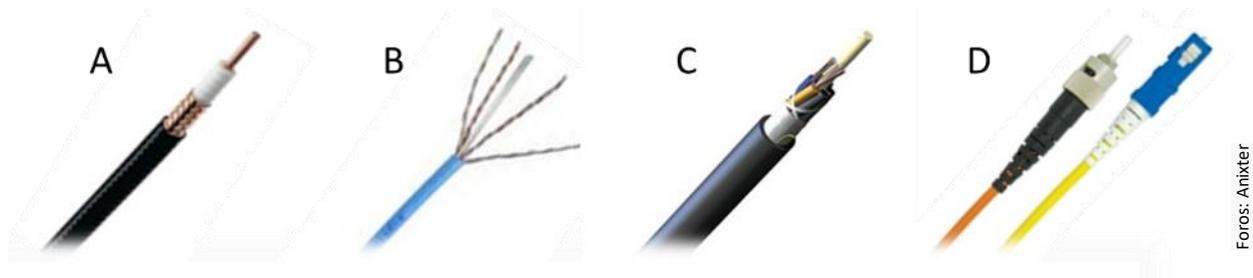


Figura 199. Cabos coaxial (A), de par trançado (B), ópticos para uso externo (C) e interno (D).

Para distâncias maiores, são usados cabos de **fibras ópticas**, que são filamentos de vidro flexível de altíssima transparência. Um cabo óptico pode ser composto de uma única fibra até centenas de fibras organizadas em grupos. Tanto a fibra quanto todos os componentes de um cabo são feitos de materiais dielétricos, ou seja, não conduzem eletricidade. Os sinais elétricos são convertidos em pulsos de luz e vice-versa por meio de dispositivos chamados *transceptores*, *interfaces ópticas* ou *conversores de mídia*, pois a fibra transmite apenas luz, mais especificamente laser, em frequências invisíveis a olho nu. Graças à diferença de índices de refração entre o núcleo e o revestimento, o raio de luz é refletido sucessivamente ao longo da fibra, tornando possíveis os trajetos em curva.

Quanto mais fina a fibra, menor o número de caminhos, ou modos, possíveis para a luz percorrer dentro dela. Se a luz percorrer a fibra em muitos modos (**multimodo**), o modo mais longo irá levar mais tempo para percorrer a fibra, chegando atrasado em relação ao modo mais curto, tornando a comunicação de alta velocidade impraticável para longas distâncias. Neste caso, as fibras do tipo **monomodo** são as mais indicadas, pois a transmissão pode alcançar dezenas de quilômetros sem repetidor. Fibras monomodo têm entre 8  $\mu\text{m}$  e 10,5  $\mu\text{m}$  de diâmetro, com revestimento de 125  $\mu\text{m}$  (representados como 8/125 e 10,5/125). Fibras multimodo têm entre 50 e 100  $\mu\text{m}$  e revestimento de 125  $\mu\text{m}$ . Num link de 10 Gbits/s, uma fibra monomodo pode alcançar até 80 km, enquanto que uma multimodo não passaria de 400 m.

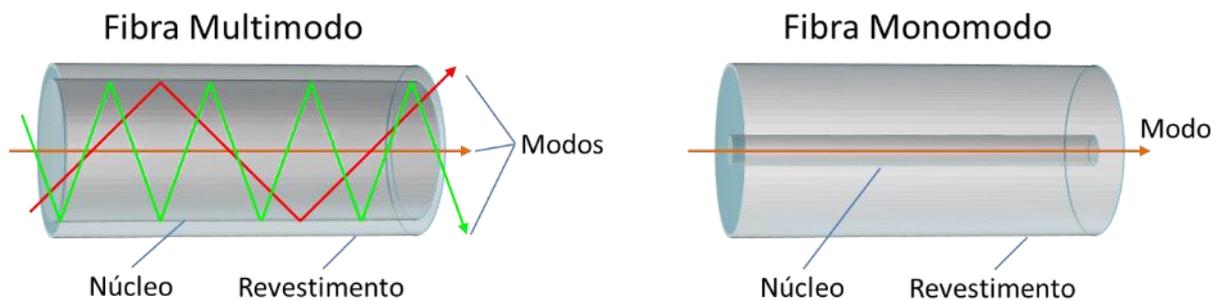


Figura 200. Caminhos percorridos pela luz em fibras multimodo e monomodo.

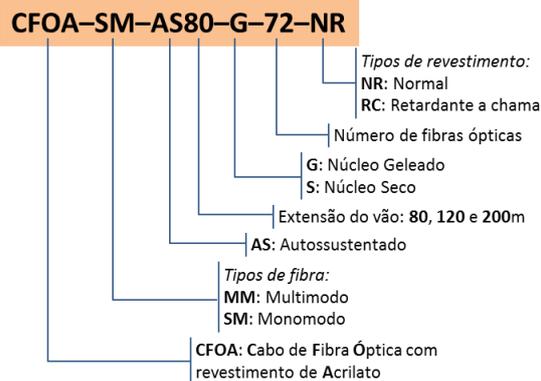
Um feixe de luz emitido em uma determinada cor, ou comprimento de onda ( $\lambda$  — lambda), não interfere com outro de diferente cor. Uma fibra óptica pode tirar proveito desta propriedade para conduzir dezenas

de sinais ao mesmo tempo, cada um em um comprimento de onda. Este método é chamado de **DWDM** (*Dense Wavelength Division Multiplexing* - Multiplexação Densa por Divisão de Comprimento de Onda).

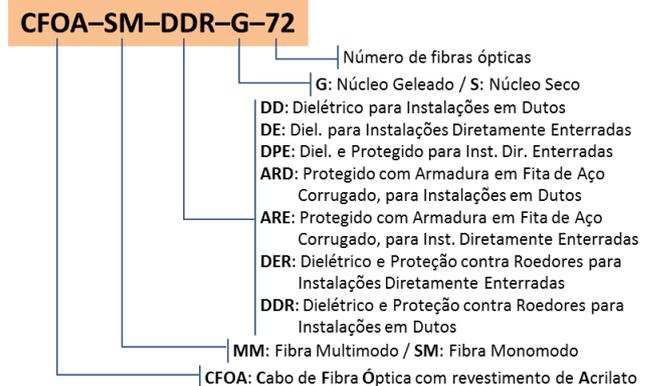
A ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) estabelece normas relativas à construção, utilização e nomenclatura de cabos e fibras ópticas. As principais são:

- **NBR 14103:2005** - Cabo óptico dielétrico para aplicação enterrada;
- **NBR 14106:2012** - Cordão óptico;
- **NBR 14160:2005** - Cabo óptico aéreo dielétrico autossustentado;
- **NBR 14566:2004** - Cabo óptico dielétrico para aplicação subterrânea em duto e aérea espinada;
- **NBR 14705:2010** - Cabos internos para telecomunicações — Classificação quanto ao comportamento frente à chama;
- **NBR 14771:2007** - Cabo óptico interno;
- **NBR 14772:2006** - Cabo óptico de terminação;
- **NBR 14774:2009** - Cabo óptico dielétrico protegido contra ataque de roedores para aplicação enterrada.

#### Cabo aéreo autossustentado



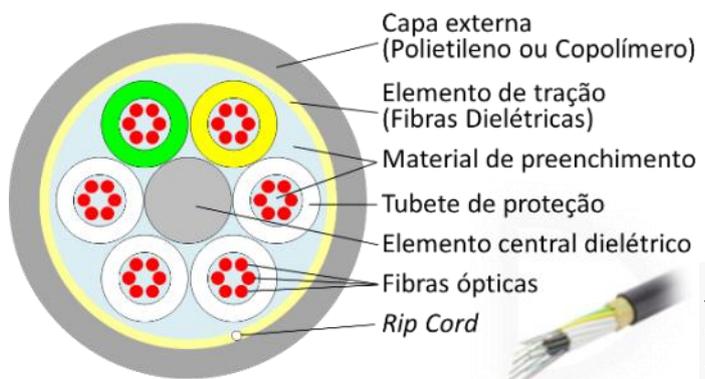
#### Cabo aéreo espinado e cabo subterrâneo



Fonte: Furukawa

Figura 201. Nomenclatura dos cabos ópticos mais utilizados em instalações externas.

Como as fibras são agrupadas em tubetes dentro do cabo, o número total de fibras no cabo segue uma distribuição de múltiplos de 2, 6 ou 12 como 4, 6, 8, 10, 12, 18, 24, 30, 36, 48, 60, 72, 96, 120, 144, 216 e 288 (Figura 202). O diâmetro do cabo varia pouco em função do número de fibras; por exemplo, um cabo de 4 fibras tem diâmetro de 9,6 mm, enquanto que um de 288 tem 19,5 mm. Para evitar a entrada de água em instalações subterrâneas, o cabo deve ser especificado como geleado (tipo G). Neste cabo, uma geleia de petróleo preenche os espaços do cabo, evitando a entrada de água. Uma opção mais recente é o cabo totalmente seco (tipo S TS), cujos espaços são preenchidos com material hidroexpansível. Isto facilita a realização das emendas, pois não há necessidade de remover a geleia antes da fusão.



Fontes: Furukawa

Figura 202. Formação de um cabo CFOA-SM-DD-G-36.

Em vias públicas, a instalação dos cabos pode ser aérea ou subterrânea. A instalação aérea tem menor custo e execução mais rápida do que a subterrânea. Porém, os cabos ficam mais expostos a abaloamento e furtos, exigindo uma manutenção muito mais frequente, além de serem cada vez maiores as restrições a instalações aéreas em áreas urbanas. Em instalação subterrânea, o cabo fica mais protegido, mas em áreas urbanas densamente povoadas há muitas interferências no subsolo, como tubulações de água, gás e energia, agravadas pelos precários cadastros destas interferências.

### 13.1.1 POWER OVER ETHERNET (PoE)

*Power over Ethernet* — **PoE** (Energia sobre Ethernet) é uma tecnologia que permite que alimentação elétrica de um dispositivo de rede, como uma câmera, use o mesmo cabo utilizado para a conexão de rede, eliminando a necessidade de instalação elétrica no local de operação do equipamento. Para isso, é preciso que tanto a câmera quanto o switch possuam portas PoE. Caso o switch não seja PoE ou o consumo da câmera seja maior do que a capacidade do switch PoE, será necessária a inclusão de um equipamento chamado *midspan*. Se o switch for PoE e a câmera não, será necessária a inclusão de um *divisor ativo* junto à câmera.

Como a transmissão é feita por cabos metálicos, não costuma ser vantajosa a utilização de equipamentos PoE em transmissões sem fio ou por fibra óptica, exceto quando o local de instalação do equipamento dificulta a passagem de cabos de energia.

O PoE é regulado por padrões internacionais. O padrão original, IEEE 802.3af-2003, fornece alimentação DC de 15,4 W (mínimo de 44 Vdc e 350 mA) para cada dispositivo, mas somente 12,95 W são garantidos no equipamento devido às perdas de energia nos cabos. Esta potência atende a dispositivos como câmeras fixas internas. Porém, câmeras externas e PTZ podem consumir mais energia do que a rede pode fornecer. O padrão IEEE 802.3at-2009, também conhecido como PoE+, é uma atualização que fornece até 25,5 W, usando dois pares de fios. A atualização mais recente, IEEE 802.3-2012, chega a 51 W, utilizando todos os 4 pares de fios do cabo de rede.

## 13.2 TRANSMISSÃO SEM FIO

O lançamento de cabos em áreas urbanas precisa lidar com inúmeras dificuldades: obras em via pública, alto custo dos cabos em função das distâncias envolvidas e o tempo necessário para a instalação. O rompimento de cabos, especialmente em instalações aéreas, pode comprometer a confiabilidade da conexão e elevar os custos de manutenção. Em áreas remotas ou na travessia de rios e lagos pode ser impraticável ou impossível. A transmissão de sinais de vídeo sem fio (*wireless*) é uma possibilidade para enlaces de média distância (dezenas de quilômetros) por ser uma solução flexível, de instalação relativamente rápida, simples e barata, pois não há necessidade de obras para a construção de dutos e lançamento de cabos. É especialmente útil quando se necessita de uma instalação temporária ou embarcada em um veículo. Porém, as conexões sem fio geralmente têm menor capacidade do que as redes ópticas, podem sofrer interferências das condições atmosféricas e algumas tecnologias dependem de visada direta entre as antenas. A transmissão sem fio tem latência mais alta do que por cabos metálicos ou ópticos, embora dentro do limite de 50 ms, aceitável para comunicação de áudio e vídeo.



Figura 203. Câmera wireless.

A comunicação sem fio inclui meios tão diversos como infravermelho, indução eletromagnética e ultrassom, mas o mais comum é o rádio. O termo *rádio* é bastante genérico e abrange uma larga faixa do espectro eletromagnético, entre 3 kHz e 300 GHz. As transmissões abertas (broadcast) de rádio e TV, por exemplo, ocupam várias faixas entre 0,5 MHz e 800 MHz. Já as transmissões de dados (inclusive vídeo por satélite, Wi-Fi e celular) são feitas, geralmente, na faixa de micro-ondas (entre 0,3 GHz e 300 GHz).

Algumas câmeras já vêm equipadas com radiotransmissor e são indicadas principalmente para uso em redes internas ou de curto alcance (menos de 100 metros), como **Wi-Fi**. Para distâncias maiores ou de topologia mais complexa, podem ser usadas câmeras comuns conectadas a equipamentos de rádio específicos para redes locais sem fio — **WLAN** (*wireless LAN*).

Existem vários padrões que regulam as redes locais sem fio. O mais comum é o conjunto de protocolos **IEEE 802.11**, que tem a grande vantagem de operar em faixas de frequência não licenciadas, ou seja, que não dependem de licenças de agências reguladoras, como a ANATEL no Brasil, embora os equipamentos utilizados necessitem de sua homologação. Os seguintes protocolos são os mais utilizados:

- **IEEE 802.11a** (1999/2012). Opera na faixa de 5,8 GHz com taxas de dados de 1,5 a 54 Mbps;
- **IEEE 802.11b** (1999). Opera na faixa de 2,4 GHz com taxa de dados até 11 Mbps;
- **IEEE 802.11g** (2003). Opera na faixa de 2,4 GHz com taxa de dados até 54 Mbps;
- **IEEE 802.11n** (2009). Opera nas faixas de 2,4 GHz e 5 GHz – 6 GHz, com taxa de dados entre 65 Mbps e 600 Mbps;
- **IEEE 802.11ac** (2013). Opera na faixa de 5 GHz com taxa de dados até 1300 Mbps.

A versão original 802.11a não é mais usada, mas o termo “802.11a” ainda é usado por alguns fabricantes para descrever a interoperabilidade de seus sistemas a 5,8 GHz e 54 Mbps. O padrão 802.11b sofre interferências de outros equipamentos operando a 2,4 GHz, mas, devido ao baixo custo, é o mais utilizado em equipamentos domésticos, como fornos de micro-ondas, equipamentos *Bluetooth* e telefones sem fio. Foi sucedido pela versão mais rápida, 802.11g, mas ambos continuam em uso. O padrão 802.11n, além de mais rápido do que os antecessores, incorpora antenas de múltiplas entradas e saídas (MIMO, em inglês) para aumentar o desempenho da transmissão. O padrão 802.11ac inclui canais mais largos (80 MHz ou 160 MHz, contra 40 MHz da versão *n* e 22 MHz ou menos nas versões *a*, *b* e *g*).

A faixa de frequência entre 5 GHz e 6 GHz é mais sujeita a interferências e obstáculos do que a faixa de 2,4 GHz, o que faz com que necessite de visada direta para atingir distâncias maiores. No entanto, a faixa de 5,8 GHz é muito utilizada em enlaces externos devido ao congestionamento da faixa de 2,4 GHz, especialmente em grandes cidades. Em visada direta e com boas condições atmosféricas, um enlace 802.11n em 5,8 GHz pode passar de 100 km com taxa de transferência — ou *throughput* — de 200 Mbps, o que o torna um dos padrões mais utilizados para enlaces de média distância (redes metropolitanas). Quanto maior a distância do enlace, menor será a taxa de transferência de dados. Além da distância, a taxa de transferência de um enlace é influenciada por outras variáveis, como faixa de frequência, largura de canal ou das condições meteorológicas, e pode ser calculada com a ajuda de ferramentas na internet, como no link <<http://www.radwin.com/planner/>>.

Outras tecnologias também podem ser usadas para transmissão de vídeo digital sem fio: **WAVE** (*Wireless Access in Vehicular Environments*), designado para uso embarcado em veículos (IEEE 802.11p); **WIMAX** (*Worldwide Interoperability for Microwave Access*), para redes metropolitanas de banda larga (IEEE



Figura 204. Rádio e antena WLAN.

Foto: Witelcom Wireless & Telecommunication

802.16); **mesh** ou WMN (*Wireless Mesh Network*), que utiliza topologia de nós em malha de curto alcance, cujos clientes podem se comunicar com qualquer nó indistintamente (IEEE 802.11s). A telefonia móvel, como 3G e 4G é uma possibilidade muito versátil, mas que depende de contrato com uma operadora de telefonia celular. Possui limitações, como largura de banda, áreas de sombra e prioridade de transmissão de voz sobre dados.

### 13.3 PROTOCOLOS DE TRANSFERÊNCIA DE DADOS

Os protocolos mais usados para a transmissão de dados de vídeo IP são o **TCP** (*Transmission Control Protocol*) e o **UDP** (*User Datagram Protocol*), que funcionam como transportadores de vários outros protocolos. O TCP é usado quando a integridade dos dados precisa ser garantida, mesmo que isto resulte em atrasos na transmissão. O UDP, ao contrário, prioriza a entrega dos dados sem atraso. Possíveis erros e dados perdidos na transmissão são tratados, quando possível, pelo aplicativo que o utiliza.

A seguir, alguns exemplos de protocolos e aplicações. Todos são transportados por TCP, exceto o RTP, que pode ser transportado tanto por TCP quanto por UDP:

- **FTP** (*File Transfer Protocol*). Transferência de arquivos comuns pela internet e imagens de vídeo;
- **SMTP** (*Simple Mail Transfer Protocol*). Envio de notificações de alarme da câmera via e-mail;
- **HTTP** (*Hypertext Transfer Protocol*). Meio mais comum de navegação na internet, usado em CFTV para transmissão de vídeo para um usuário ou servidor;
- **HTTPS** (*Hypertext Transfer Protocol Secure*). Transmissão segura de vídeo por meio de criptografia;
- **RTP** (*Real-time Transport Protocol*). Transmissão de vídeo em stream contínuo e videoconferências. Comumente usado para vídeo em formato H.264 e para sincronização de áudio e vídeo.

### 13.4 TOPOLOGIAS FÍSICAS DE REDE

A topologia de uma rede é a forma com que os diversos elementos de uma rede são combinados e se comunicam. Estes elementos podem ser computadores, periféricos, dispositivos remotos (como câmeras, controladores semafóricos etc.), conversores de mídia, switches etc. Em geral, aplicam-se tanto a redes com fio quanto wireless.

A topologia pode ser tanto lógica quanto física. A **topologia lógica** descreve o fluxo de dados dentro da rede e protocolos, independentemente do projeto da rede física. As topologias lógicas podem ser reconfiguradas dinamicamente por meio de equipamentos como switches e roteadores. A **topologia física** refere-se à disposição dos equipamentos e a forma como se conectam. As várias disposições possíveis dos equipamentos podem ser mapeadas geograficamente, que resultam nas formas geométricas usadas para descrever a topologia.

A Figura 205 mostra as topologias mais comuns de forma simplificada, em que cada círculo representa um nó da rede. Um nó pode ser desde uma simples conexão até um dispositivo digital, como um computador, uma câmera, um switch,

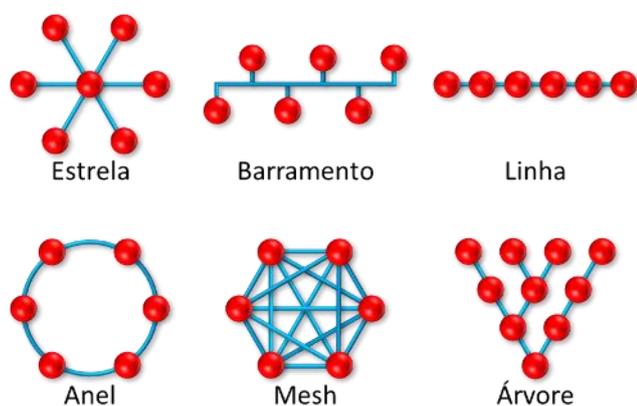


Figura 205. Topologias rede mais comuns.

ou mesmo uma outra rede. Na prática, é comum a utilização de uma topologia híbrida, combinando vários tipos diferentes.

A conexão mais simples é **ponto-a-ponto**, em que é mantida uma ligação exclusiva e permanente entre dois dispositivos. No caso de conexão com fio, será necessária uma via (fibra ou par metálico) para cada dispositivo conectado, resultando em maior custo de cabeamento.

Na topologia em **estrela**, os dispositivos periféricos são conectados ponto-a-ponto a um nó central, chamado de *hub* ou *switch*. Este nó central será o *servidor* e os dispositivos periféricos serão os *clientes*. O nó central poderá ser também um concentrador de comunicações, que se conectará a outros concentradores formando uma rede mais ampla. É útil, por exemplo, no caso de dispositivos espalhados por uma grande área, já que o uso de uma grande extensão de cabos é inevitável. É uma configuração de projeto e implementação simples, facilmente expansível. Sua maior fragilidade é que uma falha do nó central irá derrubar a comunicação de todos os periféricos.

Com exceção da configuração em estrela, a topologia mais simples é chamada de **daisy chain** (literalmente, “colar de margaridas”, ou *em cadeia* ou *cascata*, em tradução livre), em que cada dispositivo é conectado ao próximo em série. Pode resultar em grande economia de cabos, caso os dispositivos estejam distribuídos de forma mais ou menos alinhada. Tem duas formas básicas: **linear** e **anel**. A forma linear usa menos cabos, mas, no caso de rompimento de cabo ou falha em um dos nós, todos os outros depois dele na sequência também falharão. Na topologia em anel, o último nó da sequência é conectado ao primeiro. O gerenciamento do tráfego de dados é mais complexo, pois os receptores e transmissores são bidirecionais, de forma que, em caso de falha em um nó, o sentido da comunicação dos nós após a falha é invertido, sem interrupção. Esta possibilidade de se estabelecer uma conexão por duas rotas alternativas é chamada de *redundância*.

Numa rede com topologia **mesh** existem pelo menos dois nós com duas ou mais rotas redundantes garantindo a segurança da conexão. No caso extremo, numa rede mesh totalmente conectada, todos os nós são conectados ponto-a-ponto entre si. Em redes grandes, isto é impraticável, pois o número de conexões ( $c$ ) cresce com o quadrado do número de nós ( $n$ ):

$$c = \frac{n(n - 1)}{2}$$

Por isso, as redes mesh, em geral, são parcialmente conectadas, em que apenas alguns dos nós têm caminhos redundantes. Ainda assim, é possível garantir uma rede altamente segura, ainda que isto represente um alto custo, tanto em equipamentos quanto no gerenciamento complexo.

Em redes com topologia em **barramento** (*bus*), os dispositivos são conectados a um único cabo ligado a um servidor. Todos recebem a mesma informação ao mesmo tempo, mas os dados são endereçados para cada dispositivo. Se o dispositivo receber um dado que não é endereçado a ele, irá ignorá-lo. No caso de rompimento do cabo, dependendo do local, vários dispositivos cairão. Porém, é um pouco mais segura do que a topologia linear, pois a falha em um dos nós não afetará os demais. O custo de cabeamento também é baixo, mas a economia pode ser anulada pelo maior custo da gestão de rede.

Na topologia em **árvore**, as conexões são estruturadas hierarquicamente a partir de um nó-raiz, que é o principal da estrutura, ramificando-se sucessivamente em nós-filhos. Como o sinal de cada ramificação irá se propagar por diferentes caminhos, cada um terá um tempo de resposta diferente, o que dificulta o sincronismo dos dados, resultando em conexões mais lentas. Tem as vantagens de ter conexões simples ponto-a-ponto, ser escalável, e facilmente gerenciável, pois as falhas são fáceis de localizar e isolar.

## 14. INSTALAÇÃO E EXECUÇÃO DO SISTEMA

Como todo sistema eletrônico, os equipamentos de CFTV devem ser instalados segundo as orientações do fabricante para que o melhor desempenho seja obtido. Também devem ser seguidas certas precauções a fim de se evitar danos ao próprio equipamento, à instalação e a terceiros. Problemas comuns devem ser evitados, como má fixação de conexões e parafusos, soldas frias, mau contato elétrico, emendas ópticas desalinhadas etc. Outros pontos que merecem a atenção do projetista e do instalador:

- **Cabeamento.** Sinais de vídeo digital operam em altas frequências. Isto significa que mesmo pequenas interferências nos cabos ou conexões malfeitas podem prejudicar ou interromper a transmissão. Cabos de fibras ópticas são menos sujeitos a interferências externas do que cabos metálicos, mas exigem equipamentos e serviços mais caros. Entre os cabos de par trançado — blindados (STP) ou não (UTP), os mais usados são os de categorias (*Cat*) 5, 5e e 6. Cat-5 e Cat-5e são usados em redes Ethernet 100BASE-T e 1000BASE-T, enquanto o Cat-6 pode ser usado até 10GBASE-T (v. capítulo 13.1). Sua instalação deve evitar a proximidade com cabos de transmissão de energia, que interferem no sinal, e respeitar as distâncias máximas indicadas pelo fabricante (geralmente, 100 metros). Cabos blindados (STP) têm maior imunidade a interferências eletromagnéticas e são usados para instalações externas. Os cabos não podem ser dobrados e os raios de curvatura não podem ser muito apertados: no mínimo 4 vezes o seu diâmetro para cabos metálicos e 10 vezes para cabos ópticos.
- **Condições ambientais.** O modelo de câmera deve ser selecionado de acordo com o local de instalação: um ambiente externo é muito mais agressivo do que uma sala fechada e protegida (v. capítulo 14.1).
- **Seleção da câmera.** O modelo de câmera e suas funcionalidades devem ser escolhidos de acordo com a finalidade do monitoramento (v. capítulo 9). O projetista deverá definir os parâmetros de seleção da câmera conforme as condições que encontrará em campo, tais como: o campo de visão (seleção de lente), se será fixa ou PTZ, a iluminação ambiente e suas variações ao longo do dia, a resolução e a taxa de quadros máxima e a necessidade de algum vídeo analítico.
- **Posicionamento da câmera.** A altura da câmera, seu ângulo e posição em relação à via devem ser projetados para atender à finalidade do monitoramento (v. capítulo 14.2).
- **Manutenção.** Muito esforço é consumido com o projeto de implantação de um sistema de CFTV. A manutenção deste sistema, porém, é um item muitas vezes negligenciado, o que pode se revelar um grande erro. Todo o (alto) investimento em um sistema pode se perder em poucos anos se não tiver um plano de manutenção (v. capítulo 14.3) e treinamento para operação, configuração e manutenção.
- **Documentação técnica.** Deverão ser fornecidas as especificações completas do sistema, como manuais de equipamentos, garantias, plantas e desenhos esquemáticos, layout de cabeamento, parâmetros de configuração, senhas, códigos de licenças de software, listas de endereços de IP, mapas de locais de instalação das câmeras e de encaminhamento de rede etc.

Obras na via pública (como na instalação de câmera), em São Paulo, dependem de autorização do DSV/CET, por meio de emissão do Termo de Permissão de Ocupação da Via — TPOV (Lei nº 13.614/03 e Decreto nº 44.755/04). O local da obra deve ser sinalizado conforme prevê o Código de Trânsito Brasileiro (Lei nº 9.503/97), obedecendo ao disposto no "Manual de Sinalização Urbana - Obras" do Município de São Paulo.

Torres altas, usadas para a instalação de câmeras, podem ser obrigadas a usar luzes de balizamento. Segundo o artigo 34 da Portaria nº 1.141/GM5 de 1987, do antigo Ministério da Aeronáutica, "devem ser utilizadas luzes de obstáculo de alta intensidade para indicar a presença de [...] torres que suportem linhas elétricas elevadas, cabos aéreos, assim como outros obstáculos que possam proporcionar riscos

semelhantes à navegação aérea, a critério do COMAR [Comando Aéreo Regional]”. A portaria não define a partir de que altura a sinalização é obrigatória, mas apenas que “pode ser dispensada, a critério do COMAR, a sinalização dos obstáculos que, por sua configuração e tamanho, sejam bem visíveis, assim como daqueles que estejam circundados por outros mais altos [Art. 27, § 2º]”.

## 14.1 CONDIÇÕES AMBIENTAIS

As condições do local em que um equipamento será instalado devem ser levadas em consideração tanto na escolha do modelo quanto a eventuais ajustes para adequá-lo ao ambiente. Equipamentos de central, por exemplo, devem operar em salas climatizadas, com controle de temperatura e umidade.

Com relação a câmeras, há mais fatores a considerar. O mais básico é se a câmera irá operar em ambiente interno ou externo. Para ambientes internos, o principal dado a considerar é a **iluminação**. Se a luz de fundo for intensa, deve-se optar por uma câmera com amplo alcance dinâmico; se a iluminação for insuficiente, pode-se usar um iluminador infravermelho ou câmeras térmicas (v. capítulo 11.2.1). Câmeras domo com cúpula escurecida reduzem a incidência da luz no sensor e, portanto, afetam a sensibilidade da câmera.

Em ambientes externos, os cuidados com a iluminação são ainda maiores, pois haverá variações extremas entre dia e noite e a possibilidade de ofuscamento pelo Sol e por faróis de veículos. Mas o fator mais importante a considerar é a resistência da câmera às intempéries. Ao ar livre, a câmera estará exposta a sol, chuva, umidade, vento, variações de temperatura, poluição, vandalismo etc. Enquanto câmeras internas podem operar na faixa de 0 °C a 40 °C, com umidade do ar entre 20% e 80% sem condensação, câmeras externas mais comuns devem suportar pelo menos 50 °C de **temperatura** máxima e 10% a 100% de **umidade**, com condensação. Há modelos preparados para situações específicas: com refrigeração ou com componentes de uso militar, para suportar temperaturas mais altas; pressurizadas com nitrogênio, para impedir a entrada de gases inflamáveis e agentes químicos, evitando corrosão e condensação internas; com caixa de aço inoxidável (em vez de alumínio ou plástico), para evitar a corrosão por maresia ou gases corrosivos; resistentes a vandalismo, tiros, explosão etc.

A caixa da câmera deve ser protegida contra a entrada de sólidos e líquidos, especialmente em uso externo. O padrão mais usado de determinação do grau de proteção é o **Código IP** (de *Proteção Internacional* ou *Proteção contra Ingresso*), estabelecido pela Comissão Eletrotécnica Internacional (IEC, em inglês). No Código IP, o primeiro algarismo representa a proteção contra o ingresso de sólidos (intencional ou acidental), enquanto que o segundo, contra a entrada de líquidos, conforme a Tabela 11:

Sólidos		Líquidos	
0	Sem proteção	0	Sem proteção
1	> 50 mm (ex.: dorso da mão)	1	Gotejamento vertical de água (1 mm/min)
2	> 12,5 mm (ex.: dedos)	2	Gotejamento de água até 15° (3 mm/min)
3	> 2,5 mm (ex.: ferramentas ou fios grossos)	3	Água borrifada até 60° (0,7 l/min a 80–100 kPa)
4	> 1 mm (ex.: fios finos ou parafusos)	4	Água espirrada de qualquer direção (10 l/min a 80–100 kPa)
5	Protegido contra poeira (não totalmente)	5	Jato de água (12,5 l/min, 30 kPa a 3 m)
6	Vedado contra poeira	6	Jato forte de água (100 l/min, 100 kPa a 3 m)
7	–	7	Imersão a 1 m de profundidade por 30 min.
8	–	8	Imersão além de 1 m, por tempo indeterminado

Tabela 11. Graus de proteção IP adotados pela IEC.

Para ambientes externos em áreas urbanas, geralmente equipamentos com grau **IP65** ou **IP66** oferecem proteção adequada. Para instalações internas, **IP52** é suficiente. O padrão americano **NEMA** (*National Electrical Manufacturers Association*), também muito utilizado, não tem uma correspondência exata com o padrão IEC, mas é possível estabelecer uma relação aproximada. Por exemplo, é necessária uma proteção mínima de NEMA 4 para atender a um grau IP65, e NEMA 4X para IP66.

A norma europeia EN 62262, de 2002 (equivalente ao IEC 62262 e, no Brasil, ABNT NBR IEC 62262:2015) estabelece uma classificação para as caixas de proteção de equipamentos elétricos contra impactos externos de acordo com a capacidade de proteger seu conteúdo. Este padrão é mais conhecido como **Código IK**, variando de 00 (nenhuma proteção) a 10. Cada valor corresponde à capacidade da caixa de absorver uma determinada energia de impacto, medida em *joules*. O grau IK10, por exemplo, absorve 20 joules de energia. Isto equivale à queda de um objeto de aço de 5 kg, a 40 cm de altura, sobre a caixa. Acima disso, são chamados de IK10+. Uma caixa de proteção precisa atender ao grau **IK10** para ser considerada **antivandalismo**. A resistência ao vandalismo também pode ser feita de outras formas. O formato da caixa, arredondado ou embutido no teto, pode desviar objetos, diminuindo a energia do golpe. Algumas câmeras também podem ser camufladas ou usar domos escurecidos, que não permitem perceber a direção que a câmera está apontada. Contra acessos indevidos, os armários para equipamentos instalados na via pública devem ter fechadura com chave. Se instalados em poste, devem ser posicionados a, pelo menos, 3 metros de altura.

Câmeras de monitoramento de tráfego costumam ser montadas em via pública, sobre postes ou pórticos, sujeitos à **vibração** causada pela passagem de veículos e vento. O problema mais visível causado pela vibração é uma imagem tremida, especialmente em zoom fechado, devido ao pequeno ângulo de visualização. Postes e semipórticos vibram mais do que pórticos, e quanto mais altos e finos os postes, maior será a amplitude da vibração. Postes metálicos, por serem flexíveis, vibram mais do que postes de concreto que, porém, são mais grossos e causam maior impacto à paisagem urbana. Não é recomendável a instalação de câmeras em pontes e viadutos e sobre colunas semaforicas, devido à vibração excessiva. Câmeras domo-PTZ são menos sujeitas a vibração por serem mais leves do que as PTZ tradicionais. A vibração na imagem não prejudica apenas a visualização, mas também a capacidade de compressão do fluxo de vídeo, levando à ocupação de mais banda e espaço de armazenamento. Muitos modelos de câmera possuem sistemas de **estabilização de imagem**, que podem ser eletrônicos ou ópticos.

A **Estabilização Óptica de Imagem (OIS)**, em inglês) utiliza giroscópios ou acelerômetros para medir a vibração da câmera; atuadores ou motores lineares movem a lente (ou, em alguns casos, o sensor) em sentido contrário para compensar a vibração. É especialmente útil com lentes de maior distância focal e funciona bem mesmo em ambientes com pouca luz. É chamada também de *estabilização mecânica ou verdadeira*. A principal desvantagem é o preço. A **Estabilização Eletrônica de Imagem (EIS)**, ou estabilização digital, usa algoritmos para modelar o movimento da câmera, corrigindo a vibração da imagem. Comparado com OIS, tem menor custo e não tem partes móveis. Porém, por se basear na imagem captada, pode não ter bom desempenho com pouca luz e pode confundir objetos em movimento rápido em frente à câmera com vibrações.

A vibração também pode causar danos ao equipamento. A norma IEC 60721 estabelece uma classificação de equipamentos de acordo com as condições ambientais<sup>78</sup>. De acordo com os critérios da norma, as classes de vibração mecânica que melhor se adequam a câmeras na via pública (raramente informadas pelos fabricantes) são **4M3** ou **4M4**, que podem ser descritas da seguinte forma:

<sup>78</sup> BUREAU of Indian Standards. *Classification of Environmental Conditions – Part 3: Classification of Groups of Environmental Parameters and Their Severities*. Nova Deli, 1993. 31p.

- **4M3.** Vibração estacionária senoidal: amplitude de deslocamento de até 1,5 mm, com frequência de 2 Hz a 9 Hz e amplitude de aceleração de  $5 \text{ m/s}^2$ , com frequência de 9 Hz a 200 Hz. Aplica-se a locais protegidos de vibrações significativas, mas sujeitas a choques transmitidos, por exemplo, por obras de estaqueamento.
- **4M4.** Vibração estacionária senoidal: amplitude de deslocamento de até 3,0 mm, com frequência de 2 Hz a 9 Hz e amplitude de aceleração de  $10 \text{ m/s}^2$ , com frequência de 9 Hz a 200 Hz. Aplica-se às mesmas condições de 4M3, acrescidas de vibrações transmitidas por máquinas ou veículos.

Toda a fiação em colunas e torres deverá ser interna. Dispositivos conectados à rede elétrica, como cabos, chaves e disjuntores deverão ser dimensionados de acordo com as especificações do equipamento e com a tensão e corrente elétricas fornecidas. As fontes de alimentação devem ser instaladas em local abrigado e com ventilação adequada, conforme instruções do fabricante. Devem ser dimensionadas para a maior carga possível em condições normais de uso, mais uma margem de segurança de 5% a 10%. Esta máxima carga normalmente ocorre quando o equipamento é energizado.

A **instalação elétrica** e o **aterramento** deverão seguir a norma NBR 5410 (Instalações elétricas de baixa tensão) da ABNT, referente à proteção contra choques elétricos, sobrecorrente e sobretensão. Deverão ser usados dispositivos de proteção nas linhas de alimentação, comunicação e antenas, como disjuntor diferencial residual (DR), destinados à proteção de pessoas e protetores contra surto (MOV, Varistor de Óxido Metálico) de, no mínimo, 10 kA. Em instalações acima de 15 metros, recomenda-se a instalação de para-raios, que deverão seguir a norma NBR 5419 (Proteção de estruturas contra descargas atmosféricas) da ABNT.

## 14.2 POSICIONAMENTO DA CÂMERA

Todo o cuidado na escolha de uma câmera de boa qualidade pode se perder se o posicionamento não for correto. Os principais fatores que devem ser observados no posicionamento da câmera são a **altura**, o **ângulo**, a **posição em relação à via** e eventuais **obstruções** no campo visual.

Para monitoramento de tráfego, a regra geral é: **quanto mais alto, melhor** (pois o campo de visão será maior), *desde que* a lente tenha distância focal longa ou zoom potente; caso contrário, os veículos parecerão muito pequenos. Mas há exceções. Em vias arborizadas, a copa das árvores pode obstruir a visão da via, obrigando a uma instalação mais baixa. Folhagens e outros objetos diante da lente são prejudiciais mesmo que não obstruam totalmente a visão. Por estarem próximos, acabam por atrair o foco automático para si, deixando a cena de fundo desfocada. Túneis e baixos de viadutos têm, naturalmente, uma limitação física de altura.

Câmeras com **LAP** também são uma exceção, pois, para capturar a placa no



Fotos do autor

Figura 206. Câmeras em poste de concreto de 8 m (esq.), em poste de aço de 15 m (centro) e em torre de 30 m (dir.).

ângulo mais perpendicular possível, a câmera precisa ser baixa, normalmente de 6 a 7 metros de altura. Eventualmente, podem ser posicionadas a alturas ainda menores, a fim de se evitar a interferência da fiação aérea e de árvores e facilitar a manutenção. Menos do que isso deixará a câmera vulnerável a vandalismo e sujeita à incidência direta do farol dos veículos.

A questão do **ângulo** é bem mais complexa, especialmente com câmeras fixas. Para câmeras PTZ, o maior problema é com o ponto ou ângulo cego. Câmeras PTZ sem domo montadas em topo de poste só terão este problema se não dispuserem de giro de 360°. Câmeras domo-PTZ suspensas em poste terão o próprio poste como obstrução do campo de visão. Por isso, o projeto de instalação deverá informar a direção do ponto cego, para que fique numa posição que não interfira no monitoramento. Entre as câmeras fixas, aquelas destinadas a monitoramento são as mais simples de ajustar, pois basta posicionar a câmera e ajustar a lente varifocal (se houver) de forma a abranger uma área ampla da via, evitando-se o horizonte, para não haver um contraste excessivo. A altura recomendada fica entre 8 e 15 metros, com ângulo de 30° a 60° em relação ao plano horizontal. O melhor campo de visão é obtido com a câmera sobre a via, montada em pórtico. Como nem sempre isto é possível ou viável, a solução mais usual é a montagem em poste, ao lado da via ou no canteiro central. Deve-se evitar posicionar a câmera próximo a fontes de luz, como postes de iluminação, pois o excesso de luz irá gerar efeitos indesejáveis na imagem. A posição do Sol em diferentes horas do dia e épocas do ano deverá ser estudada para se evitar a exposição direta na lente, causando a queima do sensor.

Para vídeo analítico, o ajuste deve ser mais preciso, a fim de aumentar a probabilidade de detecção correta (Figura 207). Câmeras com DAI podem funcionar bem com o mesmo ajuste de uma câmera fixa de monitoramento (azul). Câmeras com ECD precisam de um ângulo maior em relação à horizontal (amarelo), a fim de se evitar a oclusão de um veículo por outro, o que faria o analítico interpretar dois veículos como se fossem um só. Por isso, câmeras para laço detector de controle semafórico (vermelho)

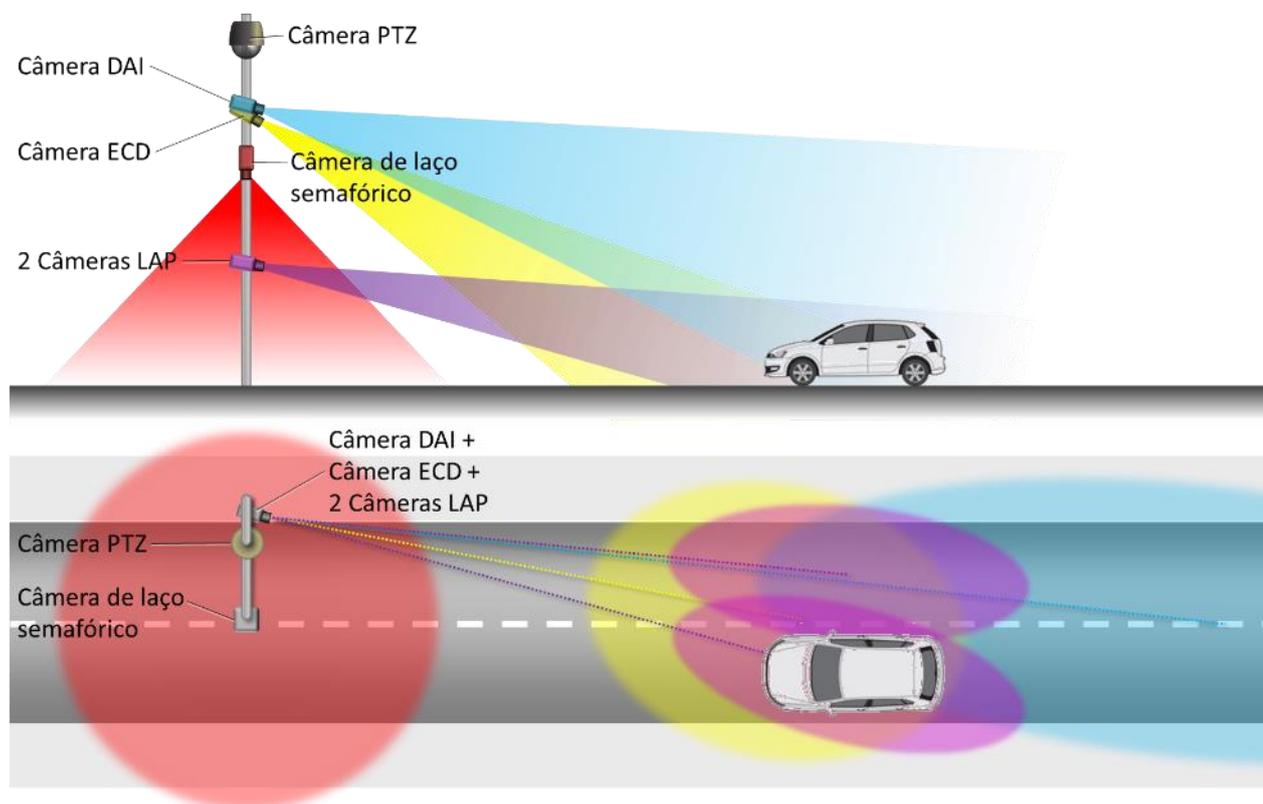
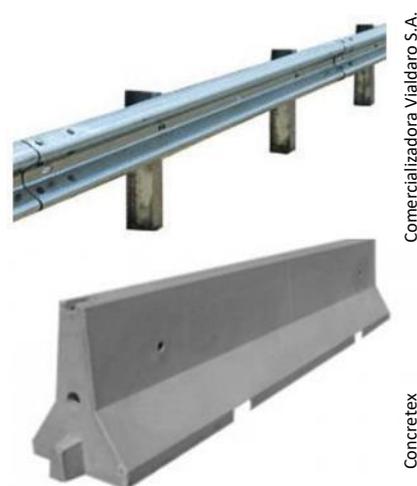


Figura 207. Ângulo de visualização de câmeras de vídeo analítico.

precisam ser posicionadas perpendicularmente à via. É possível realizar as funções de ECD e DAI com a mesma câmera (ECD/DAI), apesar das diferenças de ângulo. Para isso, a lente precisa ter um ângulo de visualização maior e a câmera ser de alta resolução. O resultado é menos eficiente do que com duas câmeras separadas, mas é uma solução mais econômica e que reduz a necessidade de banda e armazenamento. Câmeras com LAP (lilás) são posicionadas a menor altura e com lente mais fechada. Por isso, geralmente é usada uma câmera para cada faixa. O ângulo recomendado pode variar de 10° a 40°, conforme as especificações da câmera e do fabricante do software. Quanto maior a velocidade do veículo, maior deverá ser a distância entre a câmera e o ponto de leitura e, conseqüentemente, o ângulo será menor.

O **tipo** de câmera também é um fator a se considerar na locação da câmera. Uma câmera fixa tem um campo visual mais limitado do que uma câmera móvel (PTZ), tanto em distância quanto em ângulo. Se a câmera for posicionada em um cruzamento, por exemplo, são necessárias quatro câmeras fixas para cobrir as quatro aproximações, área que poderia ser coberta por uma única câmera PTZ com giro de 360°. Em compensação, as quatro aproximações poderão ser visualizadas ao mesmo tempo pelas câmeras fixas. Em túneis, câmeras fixas também podem ser mais úteis, pois só há uma direção a monitorar e a limitação da altura diminui a vantagem da lente zoom. Túneis são uma instalação atípica, que tem características tanto de ambiente externo quanto interno. São protegidos do sol e da chuva, mas as câmeras ficam muito expostas à poluição e, se mal posicionadas, terão a imagem prejudicada pelo excesso de luz dos emboques e desemboques.

A **geometria** da via é um fator importante. Curvas, tanto horizontais quanto verticais, limitam o campo visual. É tentador posicionar a câmera no lado externo de uma curva ou numa ilha no meio de um cruzamento. Porém, esta é uma decisão que pode comprometer outro fator importante: a **segurança**. Câmeras posicionadas na mesma trajetória dos veículos geram um bom campo visual, mas colocam em risco veículos que, desgovernados, podem atingir a coluna da câmera, com conseqüências sérias. Se for inevitável, deve-se prever a instalação de defensas. Pelo mesmo motivo, deve-se evitar a instalação rente ao meio-fio e em calçadas estreitas, pois a faixa de circulação de pedestres não deve ser prejudicada. As defensas podem ser do tipo barreira de concreto *New Jersey* (norma NBR 14885 – Segurança no tráfego – Barreiras de concreto) ou metálicas semimaleáveis simples (normas NBR 15486 – Segurança no tráfego – Dispositivos de contenção viária – Diretrizes e NBR 6971 – Segurança no tráfego – Defensas metálicas – Implantação).



Comercializadora Vialdaro S.A.

Concretex

Figura 208. Defesa metálica (alto) e barreira New Jersey.

## 14.3 MANUTENÇÃO E TREINAMENTO

Um sistema de CFTV de boa qualidade representa sempre um alto investimento. Mas este investimento não se encerra na implantação. Sem uma manutenção constante e bem planejada, todo o investimento estará perdido em pouco tempo. E, sim, uma boa manutenção também custa caro e um bom planejamento exige esforço. Isto não pode ser negligenciado em favor da aquisição de equipamentos novos, pois eles não serão novos para sempre. Um bom programa de treinamento garante que o sistema será operado e mantido de forma correta, tirando máximo proveito dos recursos do sistema e aumentando sua vida útil. Toda intervenção feita nos equipamentos em decorrência de manutenção, como substituição de peças, reconfiguração de conexões e alterações de configuração deve ser

detalhadamente documentada. A preservação da informação atualizada é uma prática fundamental para uma manutenção de qualidade. A manutenção do sistema pode ser dividida em três tipos:

- **Manutenção Planejada ou Preventiva.** O serviço é realizado periodicamente;
- **Manutenção Corretiva ou Por Chamado.** Serviço não planejado, em resposta à ocorrência de falha;
- **Manutenção do Usuário.** Tarefa de geração e atualização de relatórios de manutenção.

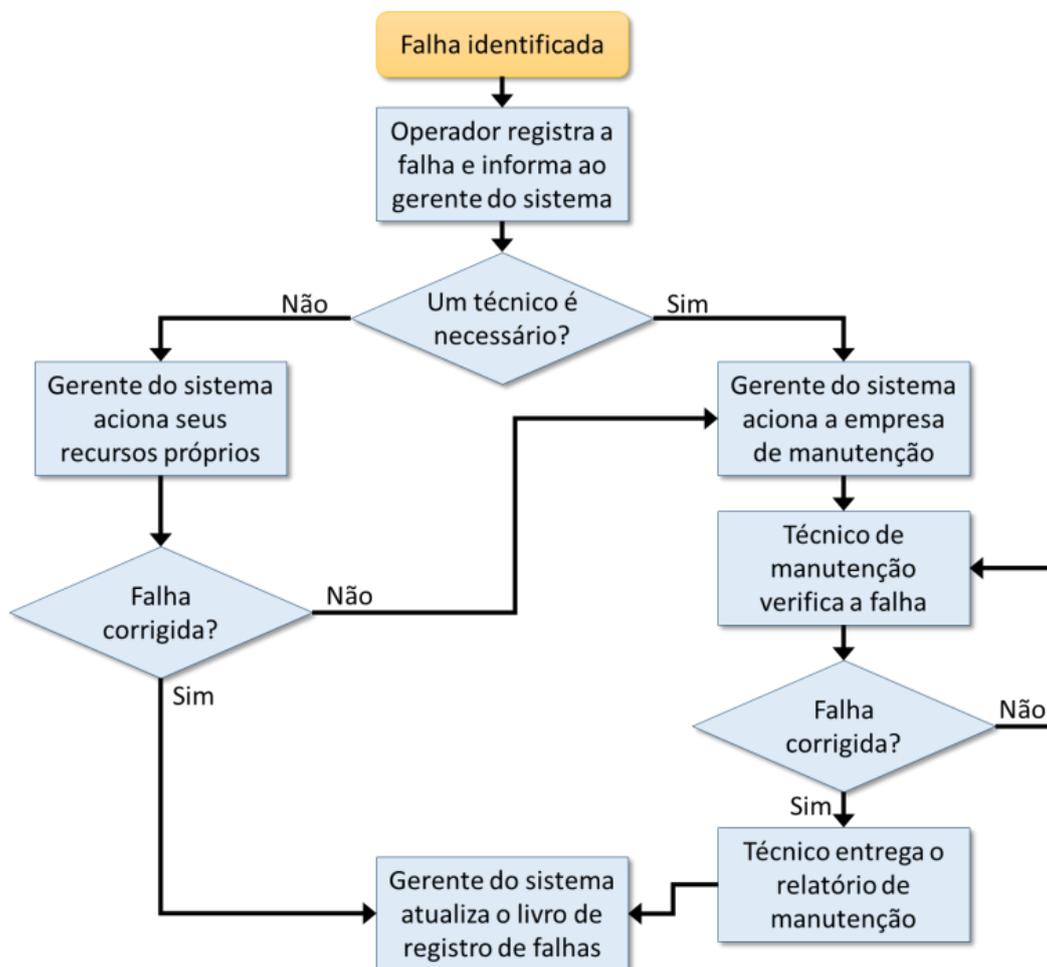
A **manutenção preventiva** permite ao técnico de manutenção auditar o sistema de CFTV, sua documentação e o programa de treinamento dos operadores. O sistema de CFTV deve receber pelo menos uma visita de manutenção preventiva completa por ano. Dependendo da complexidade do sistema — com câmeras externas, por exemplo — a periodicidade deverá ser mensal. Para o operador, algumas verificações precisam ser diárias (v. Tabela 12). O técnico de manutenção deve preencher uma **Lista de Verificação** e produzir o **Relatório de Manutenção Preventiva**, onde deverá informar qualquer desvio do funcionamento normal do sistema. Este relatório irá auxiliar o gerente do sistema a acompanhar sua confiabilidade e a elaborar um orçamento para futuras reposições.

Atividade <sup>79</sup>	
<b>Diário</b>	Todas as câmeras estão funcionando? Têm imagem e movimento de PTZ?
	As câmeras estão apontadas para a direção correta?
	Algo está obstruindo o campo de visão?
	A gravação está funcionando?
	O disco rígido está cheio? Há CDs e DVDs de reserva para gravação de vídeo?
	A data e a hora do sistema estão corretas?
	O sistema está seguro? Armários e portas estão trancados?
<b>Mensal</b>	Limpar lentes e janelas das câmeras
	Verificar o estado geral da câmera, caixa de proteção e cabeamento
	Verificar as condições de temperatura e umidade
	A data e a hora na câmera estão corretas?
	Verificar a gravação reproduzindo trechos de vídeo gravado
<b>Anual</b>	O sistema ainda apresenta imagem de boa qualidade?
	Verificar o balanço de branco da câmera
	Verificar o estado do disco rígido
	Verificar se a documentação ainda está em ordem
	Verificar se toda a equipe está familiarizada com o sistema
	Verificar se a transferência de arquivos para mídias definitivas (CDs e DVDs) está correta
	Verificar se há novas versões dos softwares e atualizá-los

Tabela 12. Programação de manutenção corretiva.

Para a **manutenção corretiva**, é preciso ser estabelecido um tempo de atendimento máximo, que dependerá da gravidade da falha, do prejuízo que a ausência do elemento em falha causa dentro do sistema e do prazo mínimo viável para a solução da falha. Cada chamado de manutenção corretiva (“talão”) deverá gerar um **Relatório de Manutenção Corretiva**, que deverá ser arquivado como um histórico de falhas para cada equipamento (Figura 209).

<sup>79</sup> BSIA - British Security Industry Association. A guide to the maintenance and servicing of CCTV surveillance systems



Fonte: BSIA - British Security Industry Association. A guide to the maintenance and servicing of CCTV surveillance systems

Figura 209. Procedimento para manutenção corretiva.

Tanto a manutenção preventiva quanto a corretiva podem ser realizadas por uma equipe própria do cliente ou por uma empresa especializada. A **manutenção do usuário**, porém, é atribuição exclusiva do cliente, que poderá ser o **gerente do sistema** ou o **operador**. Entre as principais atribuições do gerente do sistema, estão:

- Garantir que todos os operadores sejam treinados sobre como agir em caso de falha;
- Garantir que as falhas sejam registradas tão logo seja possível, e que os detalhes sejam preenchidos corretamente no livro de registro de falhas;
- Inspecionar semanalmente o livro de registro de falhas para garantir que as falhas estão sendo tratadas corretamente;
- Decidir se a falha pode ser resolvida internamente ou se necessita de serviço especializado;
- Garantir ao técnico de manutenção tenha acesso ao local do atendimento no horário agendado;
- Assinar e arquivar uma cópia do relatório de manutenção.

Para o operador do sistema cabem, entre outras tarefas:

- Verificar no diário de falhas, no início do seu turno, se há alguma falha importante;
- Verificar a operação do sistema no início do seu turno e informar qualquer falha ao gerente do sistema, acrescentando os detalhes no livro de registro de falhas;
- Caso a falha não tenha sido corrigida em seu turno, o operador do próximo turno deverá ser informado sobre as falhas e as medidas tomadas para corrigi-la.

Cópias eletrônicas e em papel da documentação entregue (especificações do sistema, relatórios de manutenção preventiva e corretiva, manuais dos equipamentos, mapas com a localização das câmeras etc.) devem ser mantidas em local de fácil acesso.

Os operadores deverão ser treinados na fase de implantação do sistema e sempre que houver uma atualização ou quando novos operadores forem contratados. Cursos de reciclagem devem ser promovidos periodicamente, com ênfase nas funções e recursos executados com pouca frequência, que, mesmo sendo úteis, acabam sendo abandonados por falta de uso.

## 14.4 EFICIÊNCIA DO SISTEMA

Os seguintes fatores podem prejudicar a eficiência e o desempenho do sistema<sup>80</sup>:

- **Câmera:**
  - Câmeras instaladas em local de pouca atividade;
  - Pontos cegos;
  - Árvores, *banners* e fiação aérea;
  - Perda de sinal e rompimento de cabo;
  - Falha de equipamento;
  - Câmera mal posicionada.
- **Servidor e estação de trabalho:**
  - Falta de espaço físico;
  - Falta de espaço em disco;
  - Má qualidade do vídeo gravado;
  - Layout inadequado dos equipamentos;
  - Muitas câmeras por operador.
- **Pesquisa e localização de arquivos:**
  - Falta de familiaridade com a área monitorada;
  - Falta de integração entre as fontes de informação;
  - Falta de lógica e critério na numeração das câmeras e sua distribuição na tela;
- **Comunicação:**
  - Nível excessivo de ruído;
  - Muitas fontes de áudio;
  - Comunicação ruim (não padronizada) entre operadores;
  - Rádio ineficiente.

---

<sup>80</sup> KEVAL, Hina Uttam. *Effective, Design, Configuration, and Use of Digital CCTV*. Tese de doutorado para o Departamento de Ciência da Computação da University College London. Londres, 2008.

## 15. EXIBIÇÃO DE IMAGENS

Para o usuário pouco experiente, pode passar despercebido, à primeira vista, se as imagens provêm de uma câmera analógica ou digital. Esta diferença, porém, torna-se evidente pela forma como as imagens são exibidas e o sistema é operado. Num sistema analógico, as imagens são exibidas em monitores destinados exclusivamente para este fim, enquanto que em um sistema digital, as imagens são exibidas em monitores de computador; a exibição das imagens das câmeras é apenas a tela de um software instalado no computador. A operação em um sistema analógico é comandada por uma matriz de vídeo, enquanto que num sistema digital, a operação é feita em computadores ou servidores de uso geral.



Figura 210, Estação de trabalho com dois monitores, teclado comum (esq.), mesa controladora (dir.) e mouse.

Numa central digital, o principal equipamento para exibição das imagens são os monitores das estações de trabalho, os computadores individuais dos operadores. São os chamados monitores de mesa ou de bancada. Adicionalmente, podem ser usados projetores, painéis de monitores e *video walls*. Fora da central de operações, as imagens podem ser exibidas em computadores conectados à rede e em tablets e smartphones, que podem ser usados tanto para exibição de imagens quanto como câmera do próprio sistema.

A qualidade da imagem depende de uma boa combinação entre câmera e monitor. É preciso considerar alguns fatores difíceis de quantificar, mas que influenciam diretamente na qualidade da imagem:

- **Nitidez.** A imagem precisa estar em foco, com o objeto nítido. As lentes precisam ser de boa qualidade para evitar distorções;
- **Detalhe.** A lente escolhida deve ter distância focal suficiente para que os objetos sejam vistos com o nível de detalhe necessário para os objetivos esperados. A sensibilidade da câmera escolhida deve estar de acordo com a iluminação ambiente;
- **Cor.** Caso a exibição de cores seja necessária, é preciso garantir que a iluminação local seja suficiente para a produção de cores naturais;
- **Artefatos.** As características do sensor e da iluminação devem ser suficientes para evitar a presença de artefatos, que são elementos indesejáveis na imagem, como borrões e ruído.

Enquanto câmeras de vídeo têm uma única finalidade — capturar imagens — monitores podem ter diversas aplicações, além da exibição das imagens de CFTV: telas de computador, televisão aberta, DVD, Blu-ray, videogame etc. Se há uma grande variedade de resoluções de câmeras, com relação a monitores esta variedade é ainda maior. Por isso, nem sempre a resolução do monitor será igual à da câmera. Neste caso, a resolução a ser exibida será igual à do equipamento de menor resolução. O corolário disso é que, para imagem ter a máxima qualidade, as resoluções do monitor e da câmera devem ser iguais. Mas...

Mas, na prática, esta coincidência nem sempre acontece. De fato, chega a ser quase uma exceção. É comum que o monitor tenha resolução maior do que a câmera ou vice-versa, e isso não é necessariamente ruim. Vejamos:

- **Resolução do monitor maior do que a da câmera.** Durante o monitoramento, as imagens das câmeras são exibidas, a maior parte do tempo, em modo mosaico (Figura 230). Como as imagens só ocupam pequenas janelas de baixa resolução, como CIF ou QCIF, não faz diferença se a câmera é de baixa resolução. Esta diferença só se fará notar em modo de tela cheia.
- **Resolução da câmera maior do que a do monitor.** A imagem da câmera não precisa ficar presa à tela do monitor. Ela pode ser exibida em um video wall, que tem resolução muito maior do que o do monitor de mesa. Além disso, muitas câmeras de alta resolução são adquiridas para que seja possível obter zoom digital de boa qualidade, como no caso de vigilância de torcidas em estádios de futebol. Neste caso, como o monitor só exibe um recorte da imagem, e não a imagem inteira, sua resolução inferior será irrelevante.

A exemplo do que ocorre com as resoluções, é possível que os formatos de câmera e monitor nem sempre coincidam. É possível que a câmera tenha relação de aspecto 4:3 e o monitor (ou janela dentro do mosaico), 16:9 ou vice-versa. Quando isto ocorre, o encaixe do quadro da câmera no monitor nunca será perfeito e sempre haverá alguma perda de qualidade ou de conteúdo da imagem. Os monitores e os softwares de gerenciamento de vídeo oferecem, normalmente, três opções de encaixe (Figura 211):

- **Esticado.** A imagem é esticada ou achatada na vertical ou na horizontal. A imagem resultante é deformada, com as proporções distorcidas em relação à imagem real;
- **Pillarbox e Letterbox.** A imagem é exibida inteira, e tarjas pretas preenchem os espaços vazios. Há perda de resolução, pois a imagem é reduzida e parte da área não contém nenhuma informação;
- **Tilt and scan e Pan and scan (ou cropping).** A imagem captada é recortada (*crop*) para preencher toda a área do monitor. Parte da imagem original excede as bordas e é perdida.

#### Câmera 4:3 → Monitor 16:9



#### Câmera 16:9 → Monitor 4:3



Figura 211. Adaptação de formato. As imagens da esquerda mostram o quadro capturado pela câmera. As outras três imagens mostram as alternativas de adaptações ao monitor (demarcado em vermelho).

As tecnologias mais usadas em monitores atuais são LCD e plasma. Esta última está se tornando obsoleta e deve ser completamente suplantada pela tecnologia LCD e seus derivados (LED, OLED, AMOLED).

## 15.1 TECNOLOGIA PLASMA

O princípio de funcionamento de uma tela de plasma (Figura 212) é semelhante ao de uma lâmpada fluorescente ou um tubo de neon. Por meio de um campo elétrico, átomos de um gás são ionizados, levando-o ao estado de plasma. Os átomos emitem fótons na frequência ultravioleta, que, ao colidirem com um revestimento de fósforo, fazem com que o fósforo emita luz visível.

Uma grande matriz de pequenas células revestidas de fósforo com cada um dos grupos de células das três cores primárias que formam um pixel é impressada entre duas grandes placas de vidro. O espaço entre as placas é preenchido com uma mistura de gases inertes, geralmente neônio e xenônio (Ne-Xe) ou hélio e xenônio (He-Xe). Uma matriz de eletrodos é colocada nas superfícies internas dos vidros, isolada dos gases por um revestimento dielétrico. Pares de eletrodos transparentes (de sustentação e descarga) correm horizontalmente na parte interna do vidro frontal e, alinhados verticalmente no vidro traseiro, passam as colunas dos eletrodos de endereçamento. Cada célula de plasma (ou subpixel) é posicionada na interseção do par de eletrodos horizontais com um eletrodo de endereçamento. Uma corrente alternada é aplicada constantemente ao eletrodo de sustentação; a tensão neste eletrodo é cuidadosamente ajustada para um valor ligeiramente abaixo do limiar de descarga do plasma. Quando uma pequena tensão extra é aplicada aos eletrodos de descarga e endereçamento, o gás forma um plasma fracamente ionizado. O gás ionizado emite radiação ultravioleta que excita o fósforo à frente para emitir luz visível.

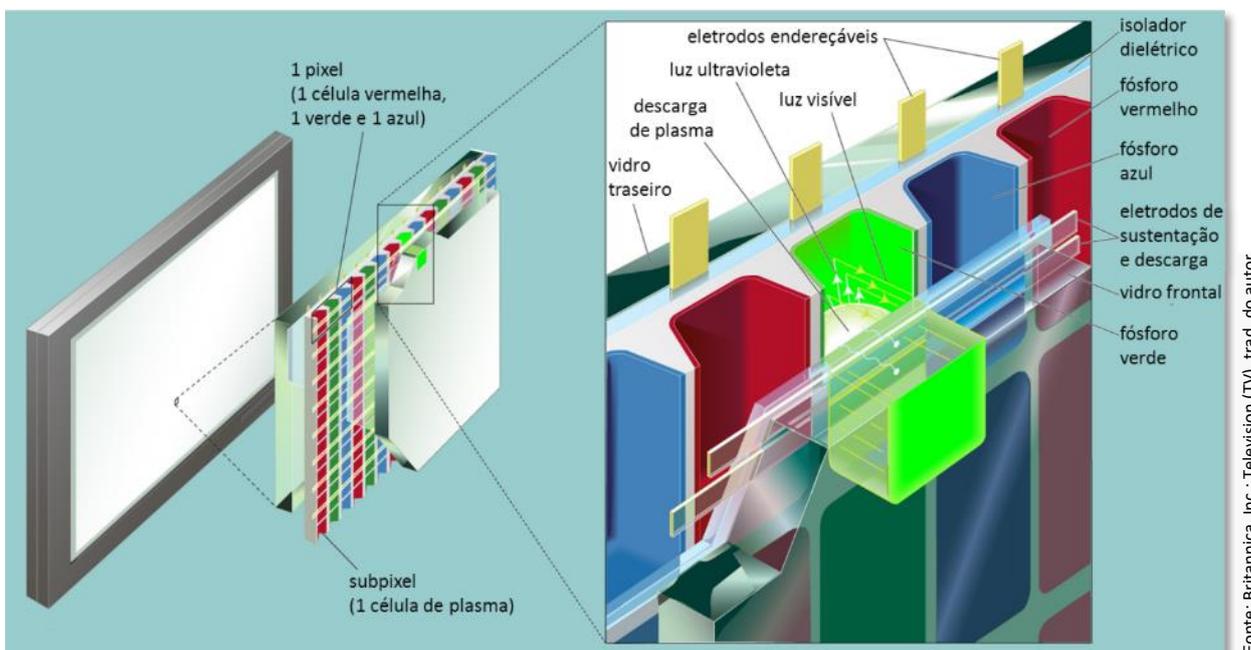


Figura 212. Corte de uma TV com tecnologia de plasma.

## 15.2 TECNOLOGIA LCD

Fluidos comuns são *isotrópicos* na natureza, ou seja, suas características ópticas, elétricas e magnéticas são as mesmas em qualquer direção no espaço. **Cristais líquidos** são formados por moléculas orgânicas de forma alongada. Sob altas temperaturas, as moléculas são orientadas aleatoriamente, como no lado esquerdo da Figura 213, formando um líquido isotrópico. Por causa de sua forma alongada, sob certas condições, as moléculas apresentam uma orientação específica, como aquela em que os eixos se alinham e formam o chamado cristal líquido *nemático*. Na fase nemática, todas as moléculas se alinham mais ou menos paralelamente umas às outras. Em cada ponto, um vetor unitário pode ser definido, paralelo à direção média do eixo das moléculas mais próximas. Este vetor é chamado de *diretor*.

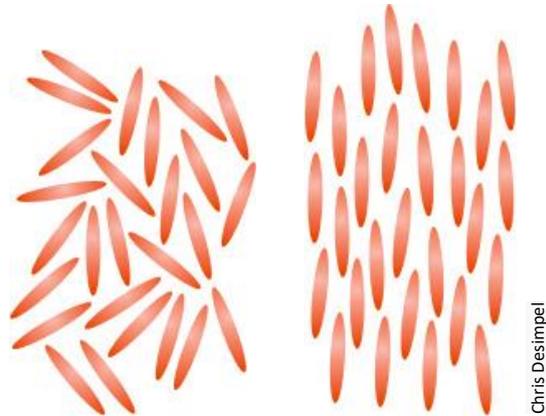


Figura 213. Moléculas de cristal líquido em arranjo isotrópico (esq.) e nemático (dir.).

Cristais líquidos nemáticos<sup>81</sup> têm o alinhamento de suas moléculas influenciado pelas paredes do recipiente em que está contido. Se as moléculas forem prensadas entre duas placas polidas na mesma direção, vão alinhar-se paralelamente. Porém, se uma das placas for girada em 90°, as moléculas próximas a ela irão se mover na mesma direção, mantendo-se alinhadas com a superfície mais próxima, na direção do polimento, resultando na disposição nemática torcida (Figura 214). No entanto, se um campo elétrico for aplicado entre as placas, a torção é desfeita e as moléculas são alinhadas perpendicularmente a este campo.

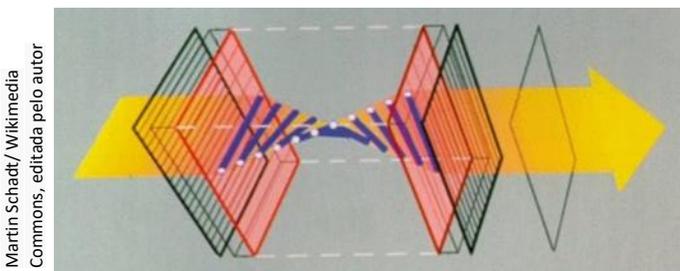


Figura 214. Cristal líquido em disposição nemática torcida. As placas (vermelhas) em contato com as moléculas do cristal (roxo) são giradas em 90°, fazendo com que as moléculas de cristal assumam uma disposição torcida.

As telas de LCD (*Liquid Crystal Display*, Display de Cristal Líquido) tiram proveito desta fase nemática do cristal, associada a uma propriedade da luz chamada *polarização*.

Na natureza, as ondas eletromagnéticas, como a luz, geralmente se propagam de forma tridimensional, isto é, a propagação da onda ocorre em planos de todas as direções possíveis; esta forma de propagação é chamada de *não polarizada*.

No entanto, é possível que uma onda se propague em apenas uma direção (por exemplo, vertical ou horizontal). Neste caso, diz-se que a onda é *polarizada*. Na natureza, a luz pode ser polarizada em certas condições, como parte da luz do Sol ao atravessar a atmosfera ou o reflexo em superfícies não metálicas, como água e vidro.

<sup>81</sup> TELEVISION (TV). In: BRITANNICA Online, 2012. Disponível em: <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/1262241/television-TV>>. Acesso em: Nov. 2012.

Também é possível utilizar filtros para polarizar a luz artificialmente. A Figura 215 mostra um exemplo. O filtro, que a olho nu parece apenas um vidro transparente, é construído de forma que todas as suas moléculas fiquem alinhadas paralelamente, como as palhetas de uma veneziana (v. detalhe na Figura 215), que permitem a passagem apenas das ondas que se propagam no plano de mesmo ângulo. A luz, antes de atingir o filtro, se propaga em todos os ângulos. Ao atingir o polarizador, as ondas com planos de propagação de ângulos diferentes do filtro são bloqueadas. Apenas a onda de ângulo coincidente (representada em amarelo) consegue atravessar o filtro.

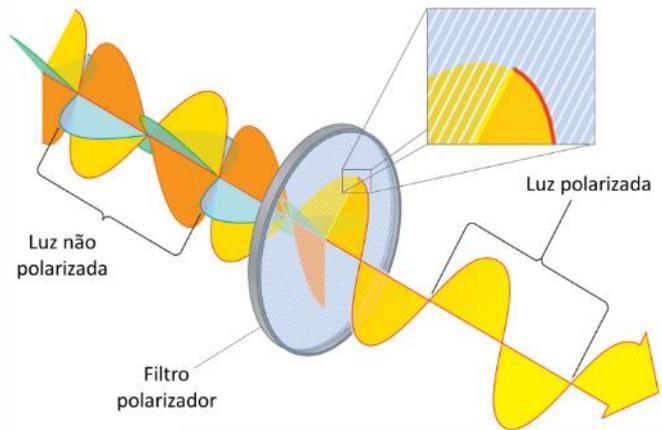


Figura 215. Filtro polarizador (ou polarizado) de luz.

Encyclopaedia Britannica: Polarizing filter, trad. do autor

Estes dois conceitos — a disposição nemática torcida e a polarização da luz — são aplicadas em cada célula de imagem (subpixel) de uma tela LCD. A Figura 216 mostra, de forma simplificada, como isto funciona.

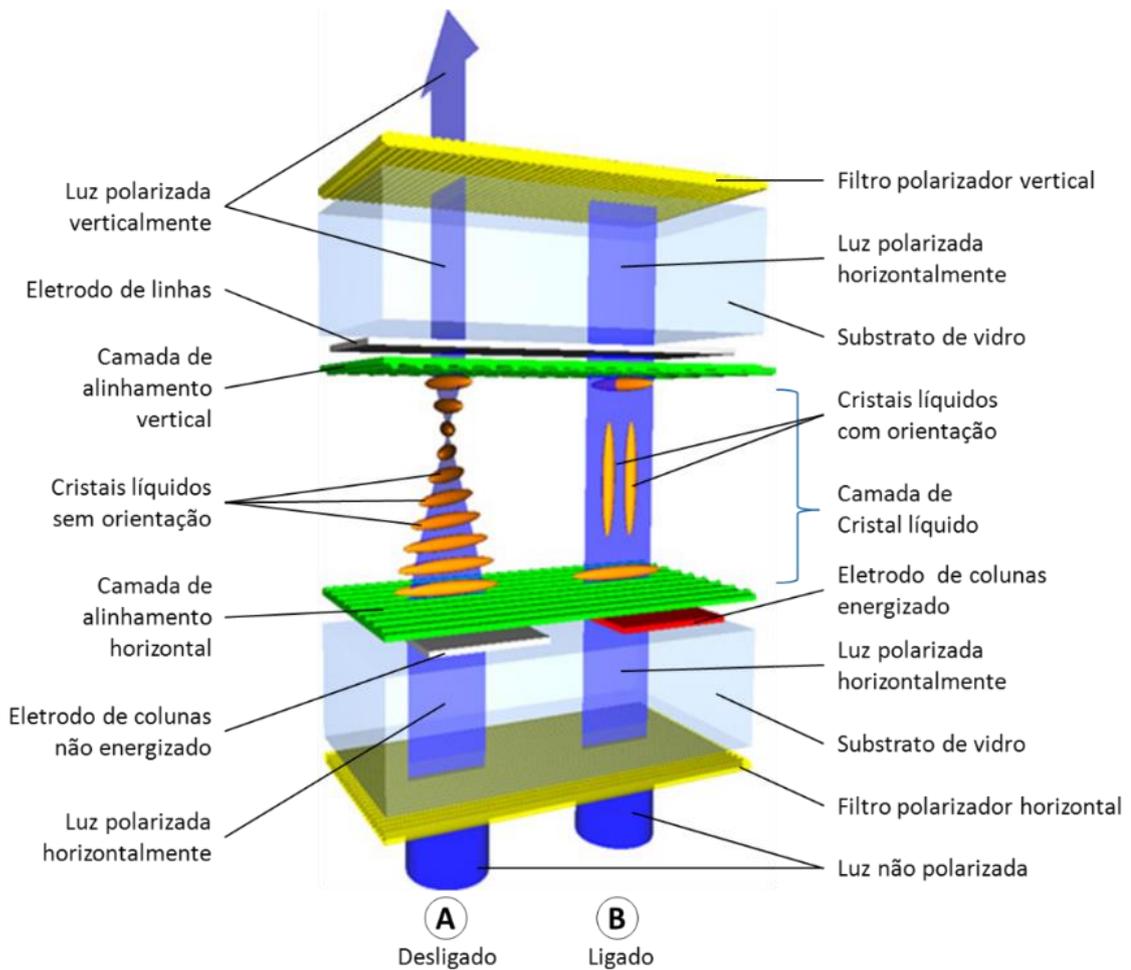


Figura 216. Célula de imagem em uma tela LCD na situação A (desligado) e B (ligado).

Fonte: Chris Desimpe/Liquid Crystals and Photonics Group – Universidade Ghent, Bélgica, trad. do autor

A tela consiste numa fina camada de cristal líquido (cerca de 5  $\mu\text{m}$  de espessura) impressada entre dois substratos de vidro. Para controlar a reorientação dos diretores, eletrodos transparentes são depositados nos substratos de vidro (branco e vermelho). Os eletrodos de linhas e colunas são depositados nos substratos superior e inferior, respectivamente, formando uma matriz de linhas perpendiculares. O cruzamento entre um eletrodo de linha e um de coluna forma um único pixel (ou subpixel, no caso de uma tela colorida). Neste exemplo, é mostrado um eletrodo de linha (branco) combinado com dois de coluna (branco e vermelho).

O eletrodo da coluna esquerda (branco) está no mesmo potencial elétrico do eletrodo de linha (ou seja, está desligado). Quando uma tensão é aplicada no eletrodo da direita (vermelho), um campo elétrico é gerado no pixel da direita, com orientação perpendicular às superfícies de vidro.

Na figura, pode-se ver que a direção do polimento das camadas de alinhamento (verdes), em cima e embaixo dos substratos, é perpendicular, uma em relação à outra. Devido a esta disposição, o diretor do pixel da esquerda obriga as moléculas do cristal a fazer um giro homogêneo de  $90^\circ$ , assumindo, assim, a disposição nemática torcida. Por isso, este tipo de LCD é chamado de *nemático torcido* (*Twisted Nematic LCD*), ou TN-LCD. Se uma tensão elétrica for aplicada ao eletrodo, o diretor se reorientará para ficar perpendicular aos substratos (pixel da direita).

Para controlar a intensidade da luz transmitida, todas as camadas são prensadas entre filtros polarizadores cruzados (amarelos). Quando a luz não polarizada entra no conjunto por baixo, a luz é polarizada pelo filtro horizontal. A luz entra na camada de cristal líquido com polarização paralela ao diretor da camada de alinhamento horizontal. Ao passar pelas moléculas do cristal, a luz irá seguir aproximadamente a rotação do diretor, mudando sua polarização de horizontal para vertical, graças a um fenômeno conhecido como *regime Mauguin*. Desta forma, a luz passará sem obstáculos pelo polarizador vertical e o pixel se acenderá.

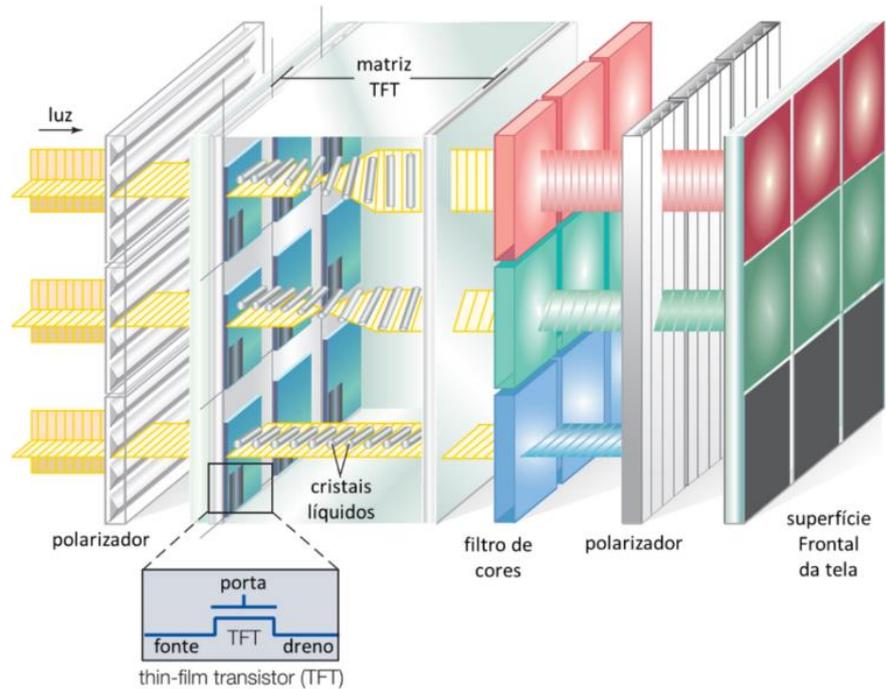
No entanto, se aplicarmos uma tensão elétrica entre as duas camadas de eletrodos, como no pixel da direita (vermelho), o diretor do cristal líquido é reorientado e a polarização da luz deixará de girar, destorcendo a disposição nemática. Como resultado, a luz será bloqueada pelo polarizador vertical e o pixel ficará apagado. Se variarmos o valor da tensão elétrica, será possível controlar a intensidade da torção e, portanto, a quantidade de luz que será bloqueada. O controle desta tensão é feito por meio de uma matriz de transistores de película fina (TFT), em que cada transistor controla um pixel.

Com o acréscimo de filtros de cores, é possível completar uma tela colorida. Para isso, cada pixel é dividido em três subpixels, para que cada um controle uma das cores primárias<sup>82</sup>.

A Figura 217 mostra a montagem de uma tela de LCD já com os filtros de cores e a matriz de transistores TFT. A luz de fundo é sempre branca, e só assume a cor do pixel ao passar pelo filtro de cores. No exemplo, o pixel que controla a cor vermelha está desligado, deixando passar toda a luz; o verde está parcialmente energizado, bloqueando parte da luz. Já o azul, está totalmente energizado, bloqueando totalmente a passagem da luz nesta cor. O resultado, para quem vê a distância, é um pixel laranja.

---

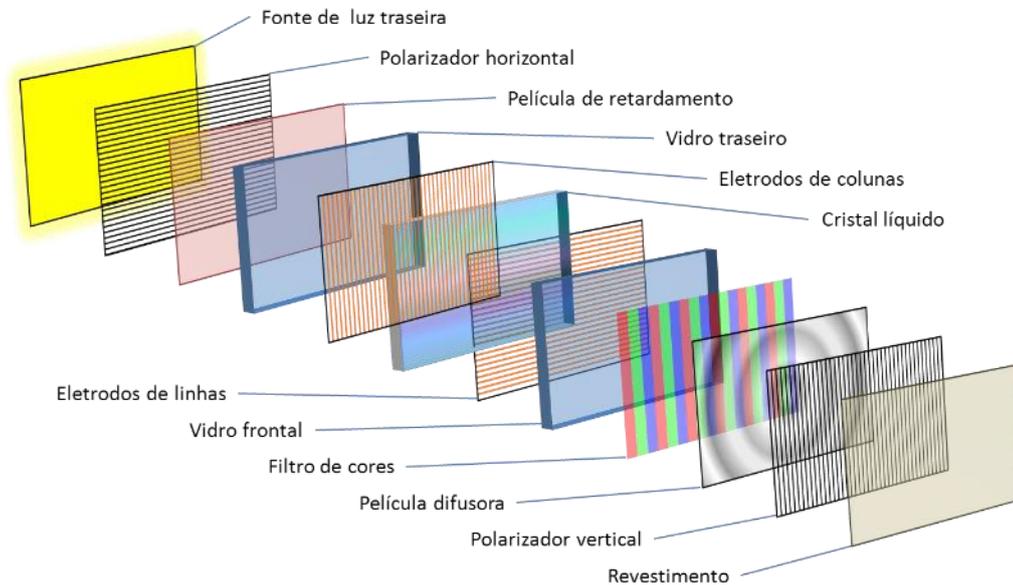
<sup>82</sup> Fonte para a descrição da figura: DESIMPEL, Chris. *How can we build a display with liquid crystals?* - Liquid Crystals and Photonics Group, department of Electronics and Information Systems (ELIS) at the Faculty of Engineering of the Ghent University, Bélgica. Disponível em: <http://lcp.elis.ugent.be/tutorials/lc/lc3>. Acesso em: mar. 2013.



Encyclopædia Britannica, Inc. 2004. Television (TV), trad. do autor

Figura 217: montagem de um conjunto de pixels em uma tela de LCD colorida.

As figuras anteriores mostraram apenas algumas das camadas que formam o sanduíche de uma tela LCD. O número de camadas, sua função e mesmo a ordem em que são montadas podem variar entre os fabricantes. Na Figura 218, podemos ver as camadas mais comuns.



Fonte: Kyocera Industrial Ceramics Corporation. Trad. e ilustração do autor

Figura 218: camadas em uma tela de LCD.

Além daquelas já citadas, temos ainda: *película de retardamento*, que desvia a luz que é emitida em todas as direções para a frente da tela, reduzindo o desperdício por espalhamento; a *película difusora* faz mais ou menos o inverso, espalhando a luz polarizada para o ambiente, a fim de suavizar o brilho do pixel e ampliar o ângulo de visualização; e o revestimento externo, para dar proteção mecânica ao conjunto.

A fonte de luz traseira — *backlight* — de um monitor LCD comum é um banco de lâmpadas fluorescentes de catodo frio (CCFL, em inglês), que têm brilho constante, não importando o tipo de imagem exibida. A Figura 219 mostra que, mesmo exibindo uma imagem totalmente preta, é possível ver algum brilho na tela. Isto ocorre porque o cristal líquido, mesmo quando totalmente orientado, não consegue bloquear completamente a passagem da luz. Por isso, telas de LCD não atingem altos níveis de contraste, em torno de 50.000:1. Em comparação, uma tela com backlight de LED pode chegar a um contraste acima de 1.000.000:1.



Figura 219. Monitor de LCD desligado (esq.) e ligado, mas exibindo uma imagem totalmente preta.

Monitores LCD/LED (v. capítulo 6.5.2.3) são mais finos, leves e consomem menos energia (30% a 40%) do que os de plasma e LCD/CCFL. Os LEDs podem ser brancos ou em grupos RGB, que oferecem maior gama de cores. Podem ser montados na borda da tela com fundo refletivo (para telas mais finas) ou formar uma matriz de fundo. Ao contrário da CCFL, o brilho da matriz de LEDs pode ser controlado de acordo com o brilho geral da imagem exibida (*dynamic backlight*), o que resulta em alto contraste. A tecnologia de backlight de contraste dinâmico com *dimming* (escurecimento) local permite que o brilho dos LEDs seja regulado em regiões específicas da tela, resultando em preto verdadeiro nas áreas mais escuras.

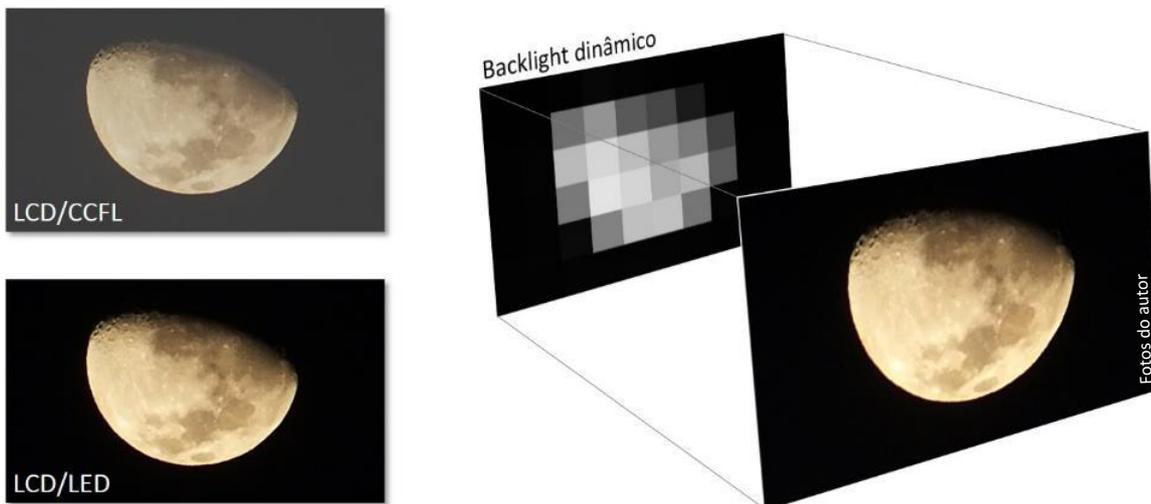


Figura 220. À esquerda, comparação do contraste entre as telas de LCD. À direita, backlight de LED com *dimming* local.

## 15.3 VIDEO WALLS

Em salas de controle, os monitores de mesa são de uso individual. Quando as informações precisam ser compartilhadas com a equipe, é preciso que as imagens fiquem ao alcance visual de todos. As soluções mais comuns são os painéis de monitores, os projetores (de projeção frontal ou traseira) e os *video walls* (literalmente, *paredes de vídeo*).

Basicamente, painéis de monitores diferenciam-se dos video walls por serem formados por um conjunto de monitores isolados, enquanto que um video wall é formado por um grupo de monitores (chamados *módulos*) que são combinados para formar uma imagem única numa grande tela. Por este ponto de vista, o video wall cumpre uma função equivalente à de um projetor. Painéis de monitores (que, às vezes, também são chamados de video walls) estão caindo em desuso, por serem mais indicados para sistemas analógicos. Em ambientes analógicos, os painéis de monitores eram instalados, geralmente, em conjunto com projetores, de forma que os monitores exibiam imagens de câmeras isoladas (às vezes em mosaico, feitos por equipamentos chamados *quads*), enquanto que os projetores mostravam a imagem ampliada de uma câmera ou a reprodução de uma tela de computador, um mapa etc.

Um bom exemplo de como um video wall pode substituir os antigos painéis de monitores está na modernização da central de operações da GET MB (antiga GET 6), da CET de São Paulo. A Figura 221 mostra a versão original, de 2009, apenas com painel de monitores, e em 2014, após a mudança para o novo espaço, com a substituição dos monitores por um video wall de 12 módulos de LCD de 46 polegadas.



Figura 221. Video wall da GET MB em dois momentos.

Outro exemplo de modernização semelhante ocorreu na central de operações Bela Cintra, também da CET. A Figura 222 mostra a central em três momentos tecnológicos: na foto de 2013, em sua configuração analógica (1996–2015); na foto de 2018, em sua configuração híbrida (2015–19); e totalmente digital (a partir de 2019).



Figura 222. Central Bela Cintra em três momentos e detalhe das bordas entre módulos.

Na versão de 2013, podem ser vistos, ao centro, dois telões de 150 polegadas com projetores frontais do tipo DLP (destaques) que exibiam mapas e imagens de câmeras. Nas laterais, havia dois painéis de 12 monitores CRT independentes de 29 polegadas. Todas as imagens eram provenientes de câmeras analógicas. Um video wall consegue cumprir todas estas tarefas, exibindo mosaicos com janelas de diversos tamanhos, telas de computador, mapas etc. na mesma tela, como pode ser visto na foto de 2018, em que os dois projetores foram substituídos por um video wall de 15 módulos LCD, e os antigos monitores de CRT das laterais foram substituídos por monitores LCD. Na imagem de 2019, todo o conjunto foi substituído por um video wall curvado com 32 módulos LCD de 55 polegadas. No detalhe da última foto é possível ver as bordas dos módulos que, somando-se duas adjacentes, chegam a cerca de 5 mm.

Como cada módulo de um video wall emite luz própria numa área relativamente pequena, seu brilho é muito mais intenso do que o de um projetor, o que dispensa a necessidade de reduzir a iluminação da sala. Por ser modular, pode ter um formato muito mais flexível, ajustável ao espaço disponível na sala, inclusive em paredes curvas. A resolução de um video wall é resultado da soma das resoluções de seus módulos individuais. O maior inconveniente de um video wall é que os módulos possuem molduras visíveis. Isto não é um grande problema com exibição de imagens de câmeras, e pode ser disfarçado fazendo com que os limites da câmera coincidam com as bordas dos módulos, mas pode prejudicar a exibição de textos. Manter a uniformidade de brilho entre os módulos pode ser uma dificuldade na instalação e também ao longo do tempo, pois os módulos podem envelhecer de forma desigual. Alguns modelos possuem ajuste automático que ajudam a manter o brilho uniforme.

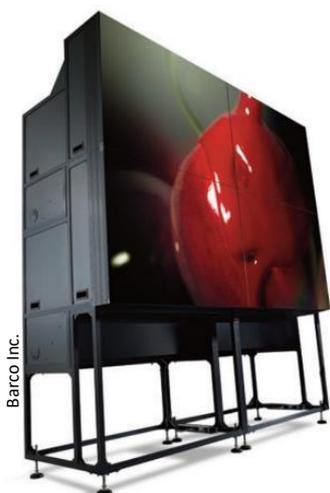


Figura 223. Video wall DLP de 2 x 2 módulos de 50\"

As montagens mais comuns de video walls são de **tela plana** e “**cubo**” (Figura 223). Nos primeiros, os módulos são montados em armações metálicas; nos painéis de cubo, os módulos (que não são exatamente cúbicos) são empilhados e encaixados entre si. A tecnologia mais utilizada de tela plana são monitores de **LCD**. É a mesma tecnologia de monitores LCD/LED comuns, mas com especificações mais rigorosas, como maior brilho, contraste, ângulo de visualização e vida útil. Podem operar 24 horas por dia, embora o recomendável seja desligar o painel algumas horas por dia e não operar com brilho máximo, a fim de poupar as lâmpadas do backlight. Mas a diferença mais perceptível está nas bordas estreitas; a soma das bordas adjacentes nos modelos mais novos é de menos de 6 mm. Ainda assim, bem mais visíveis do que as bordas dos video walls de cubo, que não chegam a 1,5 mm.

A tecnologia **DLP** (*Digital Light Processing*, processamento digital de luz), marca registrada da Texas Instruments, é a mais utilizada atualmente em projetores e cubos de video wall. O principal componente de um projetor DLP é o **DMD** (*Digital Micromirror Device*, dispositivo de microespelho digital), provavelmente o componente óptico mais complexo já inventado. Trata-se de uma matriz com milhões de espelhos móveis, um por pixel. Cada pixel DMD, que tem menos de 5 µm de largura, possui uma dobradiça na diagonal, que faz o espelho defletir para um lado ou outro (entre 12° e 24°), dependendo da carga elétrica aplicada, positiva ou negativa. Ao receber um bit 1 (branco), o espelho irá defletir para um lado, refletindo a luz de uma lâmpada em direção à lente que irá projetar a imagem (Figura 224). No caso de bit 0 (preto), o espelho defletirá para o lado oposto e a luz será absorvida. Para obter os tons de cinza, os estados 0 e 1 são alternados milhares de vezes por segundo, de forma imperceptível para o observador.

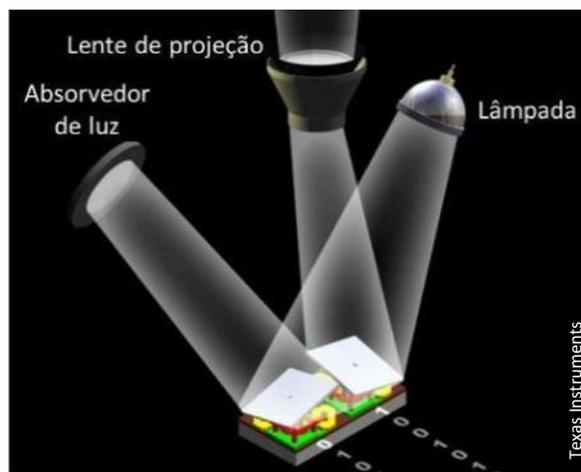


Figura 224. Pixel DMD. O microespelho esquerdo recebe um bit 0 e desvia a luz para o absorvedor. O da direita recebe bit 1 e deflete a luz para a lente do projetor.

Nas tecnologias mais antigas, como só há uma fonte de luz branca, os espelhos refletem apenas uma cor de cada vez, dependendo da cor do filtro de cores diante da lâmpada. Para a obtenção da imagem colorida, um **disco rotativo** com filtros coloridos separa cada quadro nas três cores básicas. A rotação do

disco é sincronizada com os espelhos do DMD, de forma que os quadros vermelhos, verdes e azuis são projetados um de cada vez, em rápida sequência, o que resulta na percepção da imagem colorida (Figura 225). Esta tecnologia necessita de uma lâmpada de alta intensidade, já que boa parte da energia luminosa se perde no processo de filtragem. O custo de reposição da lâmpada é alto e o disco rotativo, componente mecânico, é um ponto frágil, sujeito a falhas. A imagem resultante tem brilho menor do que o de uma tela de LCD.

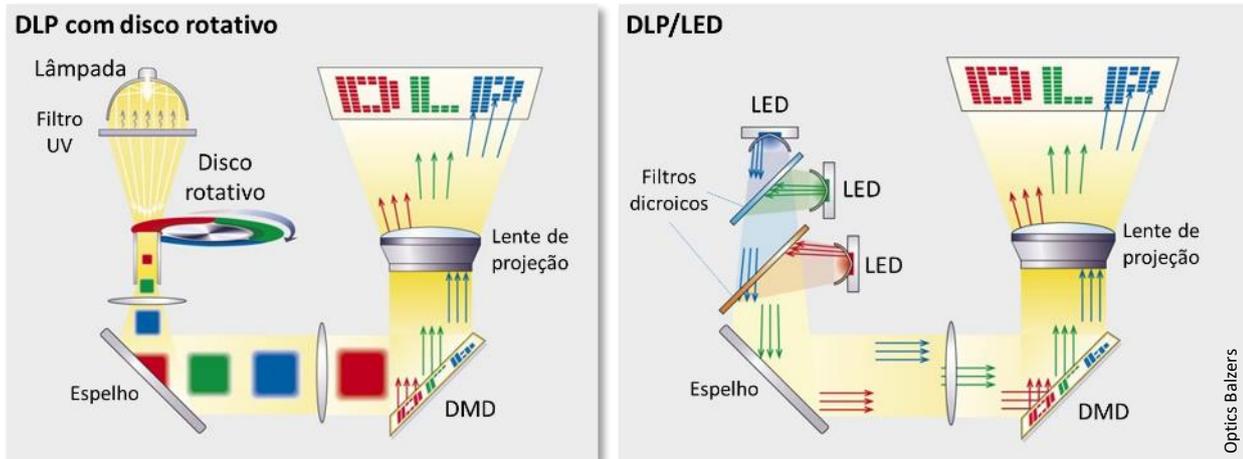


Figura 225. Tecnologias DLP: com disco rotativo e LED.

A tecnologia mais recente de DLP utiliza **LEDs** de alta potência nas três cores básicas em vez do disco rotativo e da fonte de luz branca. A imagem tem mais brilho e uniformidade e consome menos energia. Cada LED possui vários elementos sobressalentes, que são acionados quando ocorre alguma queima. Isto pode elevar a vida útil das fontes de luz para até 500.000 horas, o que, somado à ausência de partes móveis, reduz os custos de manutenção.

Um video wall DLP exhibe a imagem pelo método de retroprojeção, em que cada cubo possui um projetor que emite a luz por trás de uma tela translúcida (Figura 226). Mesmo com o uso de DLP/LED, o cubo é uma fonte intensa de calor, o que exige que cada cubo possua algum sistema de refrigeração (com ar, água ou óleo). Como a profundidade do cubo é maior do que a de um monitor LCD, o painel ocupa mais espaço físico. Porém, como painéis de LCD precisam reservar um espaço traseiro para manutenção e alguns modelos de cubo permitem abertura frontal, esta diferença torna-se pouco relevante.

Os video walls com tecnologia DLP/LED são comumente chamados de projetores de LED, o que pode causar certa confusão com os monitores de LCD/LED. Os painéis DLP custam mais do que os de LCD, mas, a longo prazo, a economia com manutenção e consumo de energia pode compensar o investimento, especialmente em video walls de grandes dimensões.

A união de vários módulos para que funcionem como uma única tela exige grande capacidade de processamento. Por isso, video walls — tanto LCD quanto DLP — precisam de um computador (ou servidor) dedicado exclusivamente para ele. Alguns modelos utilizam servidores distribuídos em cada módulo, enquanto que outros fornecem um ou mais servidores dimensionados especificamente para número de módulos e a sua resolução. É preciso considerar que os servidores correspondem a uma parcela considerável do custo total do video wall.

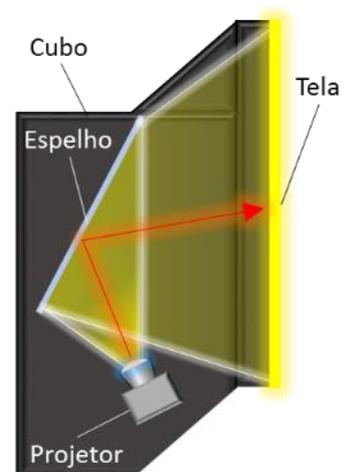


Figura 226. Cubo de projeção DLP.

## 16. CENTRAL DE OPERAÇÕES

A central de operações, também chamada de sala de controle ou centro de controle operacional (CCO) de um sistema de CFTV é o local para onde convergem as imagens das câmeras de monitoramento e onde se realizam as atividades de vigilância, policiamento, controle de tráfego, controle de estações, portos, aeroportos, processos industriais etc.

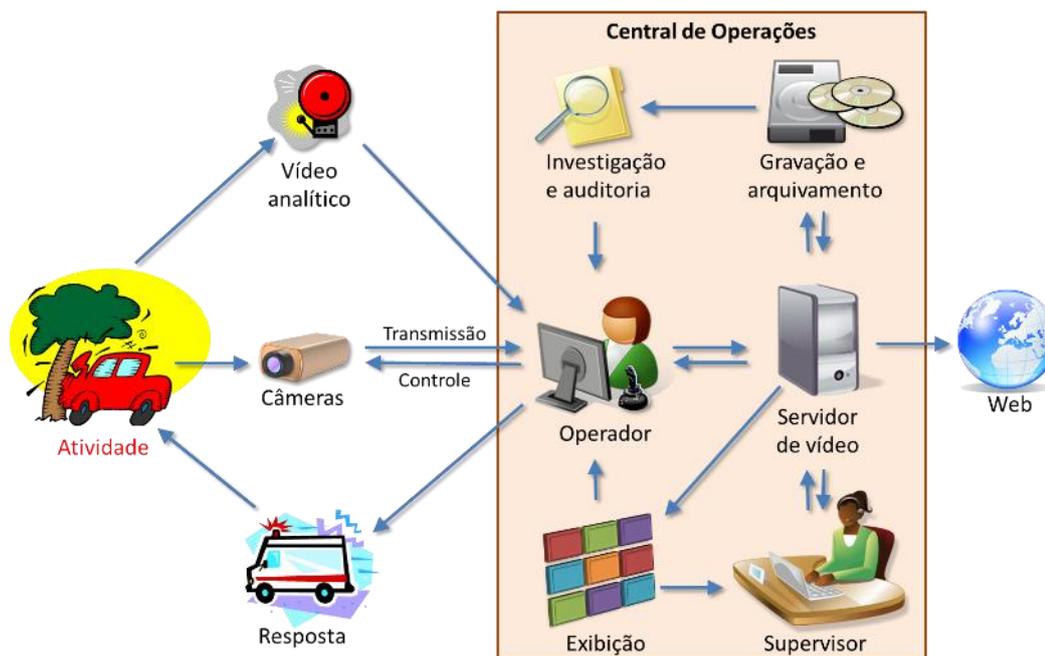


Figura 227. Típico sistema de monitoramento de tráfego por CFTV.

O controle de vídeo de uma central de operações digital é baseado em três elementos: servidor de vídeo, armazenamento e software de gerenciamento de vídeo. Em alguns sistemas, estes elementos podem ser fornecidos juntos, num único equipamento, ou separadamente. Esta última solução é indicada para sistemas mais complexos, pois tem maior flexibilidade (cada componente pode ser projetado de forma independente) e escalabilidade (pode ser expandida com relativa facilidade). Sua maior desvantagem é que não é um produto pronto, de prateleira, mas precisa ser dimensionado caso a caso, o que é uma tarefa complexa, especializada, e, portanto, bem mais cara.

### 16.1 SERVIDOR DE VÍDEO

Todo o processamento das imagens de um sistema de CFTV digital é feito por computadores, em vez das matrizes de comando dos sistemas analógicos. Em sistemas mais simples, este processamento é feito no próprio computador em que as imagens são exibidas. Em sistemas dotados de gravadores digitais, como DVRs e NVRs (v. capítulo 16.2), estes equipamentos também realizam o processamento das imagens. Para sistemas mais complexos, com muitas câmeras e clientes, porém, é necessária a utilização de um computador com alta capacidade de processamento dedicado exclusivamente para este fim, o **servidor de vídeo**. Apesar de ser dedicado à função de operação de vídeo, o servidor é geralmente um equipamento fabricado para uso geral. O acesso do operador às funções do servidor de vídeo é feito por

computadores de menor porte, como as estações de trabalho, numa arquitetura chamada cliente-servidor. É preciso algum cuidado na especificação, pois alguns fabricantes chamam de servidor o que na verdade é apenas um encoder de vídeo.

O servidor de vídeo é o equipamento responsável pela “inteligência” do sistema. É o responsável pelo processamento digital das imagens e organiza o monitoramento, telecomando, gravação e recuperação de imagens gravadas. Em sistemas de grande porte, podem ser necessários vários servidores operando em conjunto, atuando como um só. Para operações que exigem grande capacidade de processamento, como vídeo analítico, gravação em rede e video wall, é recomendável o uso de servidores separados, dedicados a cada função.

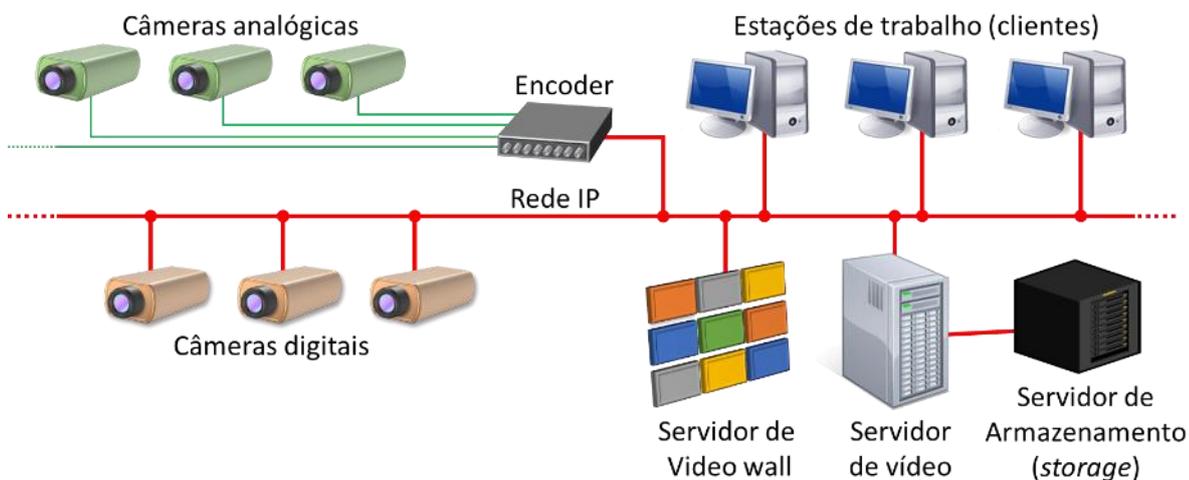


Figura 228. Exemplo de um sistema de CFTV digital com arquitetura cliente-servidor.

O dimensionamento do servidor é uma tarefa complexa, pois envolve diversas variáveis, como o número de câmeras, sua resolução e taxa de quadros. Além destas variáveis objetivas há outras, subjetivas, como o tipo de cena a ser observada, pois fatores como a quantidade de movimento em cena e o tipo de iluminação afetam a compressão da imagem e, conseqüentemente, as exigências de processamento. É possível encontrar ferramentas online que ajudam a calcular as características do servidor (v. cap. 16.2).

## 16.2 GRAVAÇÃO E ARMAZENAMENTO

A maioria dos sistemas de CFTV não tem porte suficiente para manter a estrutura e funcionários de uma central de monitoramento ao vivo (ou em tempo real). O monitoramento é feito somente sobre imagens gravadas. Uma central de monitoramento de tráfego, ao contrário, é baseada, em grande parte, em monitoramento ao vivo — manual ou automático — a fim de atender rapidamente às ocorrências. Ainda assim, a gravação de imagens é imprescindível para a realização de várias tarefas: recuperação de ocorrências que não foram testemunhadas ao vivo, preservação de evidências em processos legais, análise de procedimentos no atendimento a ocorrências etc. As formas mais comuns de gravação de vídeo (e dados) são:

- **Local.** Disponível em alguns modelos, um cartão de memória grava as imagens na própria câmera. Também chamada de *edge recording*, é especialmente útil para a recuperação das imagens quando há interrupção da comunicação. Alguns sistemas nem mesmo preveem transmissão para uma central e usam apenas as imagens gravadas no cartão. Utiliza o software interno da câmera para gerenciamento da gravação.

- **DVR (Digital Video Recorder, Gravador de Vídeo Digital).** Indicado para uso de câmeras analógicas em rede, possui um conjunto de encoders, que primeiro digitalizam as imagens para depois gravá-las num HD interno. Geralmente dispõe de um software próprio de gerenciamento e gravação de vídeo. É uma solução de baixo custo para sistemas híbridos e migração de analógico para digital.
- **NVR (Network Video Recorder, Gravador de Vídeo em Rede).** Semelhante a um DVR, mas sem encoders, já que opera diretamente com câmeras IP. Também dispõe de um software próprio de gerenciamento e gravação de vídeo. Como é projetado para operar com câmeras IP, pode alcançar resoluções mais altas do que os DVRs. Pode incluir câmeras analógicas por meio de encoders.
- **HD (disco rígido) interno.** Utiliza parte do HD interno do próprio servidor de vídeo ou computador comum utilizado para as operações de monitoramento. Geralmente utiliza software de terceiros para o gerenciamento e gravação. Solução indicada para sistemas de pequeno porte.
- **Servidor de armazenamento (Data Storage).** Equipamento dotado de um ou mais discos rígidos modulares e expansíveis dedicado exclusivamente para a gravação de dados. Não é um equipamento autônomo, pois precisa estar conectado a um servidor ou a uma rede. Por ser modular, possui uma capacidade virtualmente ilimitada de armazenamento. Embora possua um software interno para o gerenciamento dos discos, depende de um software para controle de gravação e reprodução instalado no servidor.
- **Sistema de vídeo hospedado (armazenamento na “nuvem”).** Não é um equipamento, mas um serviço. As imagens e os dados são gravados em servidores de terceiros, distribuídos em data centers remotos, via rede IP externa. A própria operação de gerenciamento pode ser terceirizada. Todas as questões técnicas, como projeto, manutenção e atualização do sistema deixam de ser responsabilidade do cliente e passam para o provedor de hospedagem.



Figura 229, ① DVR; ② NVR; ③ Data storage.

1: Pelco/ Schneider Electric; 2: Bosch Security; 3: Hewlett-Packard

Todos estes modos de gravação são temporários, pois a gravação pode ser apagada a qualquer momento, tanto de forma intencional quanto automática, ao se atingir um determinado limite, que pode ser o disco cheio, um prazo determinado ou um valor definido pelo usuário. Ao atingir o limite os arquivos mais antigos são apagados pelos mais novos, exceto quando marcados para preservação pelo usuário. Para armazenamento permanente, podem ser usados meios físicos, como CDs, DVDs e Blu-Ray.

Apesar da queda constante do custo de armazenamento (v. gráfico na Figura 74), o preço de um sistema de gravação tem se mantido estável devido ao aumento da demanda de espaço provocado pela disseminação das câmeras de alta resolução. O dimensionamento desse espaço depende de diversas variáveis, muitas delas configuráveis, o que torna seu cálculo uma tarefa que tenta equilibrar custo e qualidade da imagem. Alguns dos fatores que influenciam no espaço de armazenamento:

- Número de câmeras;
- Taxa de quadros;
- Resolução;
- Formato e taxa de compressão (H.264, M-JPEG etc.);
- Tempo de gravação por dia (gravação contínua 24 horas ou por evento);
- Tempo máximo que a gravação deverá ser preservada;
- Número de streams;

- Dados de vídeo analítico;
- Método de armazenamento redundante (RAID, Matriz Redundante de Discos Independentes);
- Nível de movimento da cena;
- Nível de iluminação da cena.

A fórmula a seguir<sup>83</sup> ajuda a estimar o espaço em disco necessário para armazenamento de vídeo. O cálculo é apenas aproximado e para formato M-JPEG. Para compressão em H.264, ainda de forma aproximada, o resultado deve ser dividido por 10.

$$\text{Capacidade (GB)} = \frac{N_c \times R_f \times S_f \times A \times (3600 \times 24 \times D)}{1000000}$$

Onde:

$N_c$  = número de câmeras;

$R_f$  = taxa de quadros, em quadros por segundo (fps);

$S_f$  = tamanho médio de cada quadro (em kB) após a aplicação da compressão;

$A$  = porcentagem de tempo em que a atividade será gravada (24 horas = 100% →  $A = 1$ );

$D$  = período de tempo (em dias) em que a gravação será mantida em disco.

O tamanho médio aproximado do quadro ( $S_f$ ) pode ser obtido capturando-se um instantâneo (*snapshot*) de um vídeo com características semelhantes ao do projeto e com a mesma taxa de compressão.

Várias ferramentas para o cálculo de largura de banda e espaço de armazenamento podem ser encontradas nos links abaixo:

- [http://www.axis.com/pt/products/video/design\\_tool/v2/](http://www.axis.com/pt/products/video/design_tool/v2/)
- <http://www.pelco.com/sites/global/en/sales-and-support/downloads-and-tools/tools/digital-storage-estimator.page>
- [http://st-tpp.resource.bosch.com/media/technology\\_partner\\_programm/10\\_public/bosch\\_st\\_storage\\_calculator/Bosch\\_Storage\\_Calculator\\_20.zip](http://st-tpp.resource.bosch.com/media/technology_partner_programm/10_public/bosch_st_storage_calculator/Bosch_Storage_Calculator_20.zip)
- <http://www.americandynamics.net/calculators/GenericBandwidth/calc/GenericBandwidth.html>
- <http://www.americandynamics.net/calculators/IntellexStorage.html>
- <http://www.americandynamics.net/calculators/IntellexRecordDuration.html>
- <https://pro.sony.com/bbsc/ssr/cat-securitycameras/resource.downloads.bbscms-assets-cat-camsec-downloads-storagecalc.shtml>
- <http://www.vicon-security.com/products-network-camera-tools.htm>
- <http://designtool.digifort.com.br/calc/Engine?extranet=yes;cmd=open>
- <http://www.milestonesys.com/Support/Presales-Support/Storage-Calculator-MPEG4/>
- <http://www.milestonesys.com/Support/Presales-Support/Storage-Calculator/>

A Tabela 13 mostra a taxa de transferência de um fluxo de vídeo e o espaço ocupado em disco em função de algumas opções de resolução e taxa de quadros. Esta tabela foi calculada a partir da ferramenta online da *Axis Communications*, disponível em [http://www.axis.com/pt/products/video/design\\_tool/v2/](http://www.axis.com/pt/products/video/design_tool/v2/). O cenário adotado foi um cruzamento com uma única câmera com taxa de compressão de 30% em H.264. O período de gravação adotado foi de 24 horas por dia. Para isso, a simulação foi feita para período de 12 horas com iluminação normal, e as 12 horas restantes com baixa iluminação (período noturno). Os números são aproximados e servem apenas como referência.

<sup>83</sup> QUEENSLAND Government. *Managing Closed Circuit Television (CCTV) Records – Guideline for Queensland Public Authorities. Appendix I: Calculation of Storage Requirements. Queensland, Australia, Oct. 2010. 69p.*

Resolução	Taxa de quadros (fps)	Taxa de transferência (kbps)	Espaço em disco (kB/hora)	Espaço em disco (GB/dia)	Espaço em disco (TB/mês)
CIF	1	22,15	10	0,2	0,01
	6	83,5	38	0,9	0,03
	12	148,5	67	1,6	0,05
	18	202,5	91	2,2	0,07
	24	251,5	113	2,7	0,08
	30	294,5	133	3,2	0,10
4CIF	1	56,05	25	0,6	0,02
	6	212	95	2,3	0,07
	12	375	169	4,1	0,12
	18	503	226	5,4	0,16
	24	630,5	284	6,8	0,20
	30	745,5	335	8,1	0,24
HD 720p	1	152,5	69	1,6	0,05
	6	579	261	6,3	0,19
	12	1024	461	11,1	0,33
	18	1375	619	14,9	0,45
	24	1720	774	18,6	0,56
	30	2035	916	22,0	0,66
HD 1080p	1	344	155	3,7	0,11
	6	1302,5	586	14,1	0,42
	12	2300	1035	24,8	0,75
	18	3090	1391	33,4	1,00
	24	3870	1742	41,8	1,25
	30	4575	2059	49,4	1,48

Tabela 13. Simulação de espaço de disco em função da resolução e da taxa de quadros.

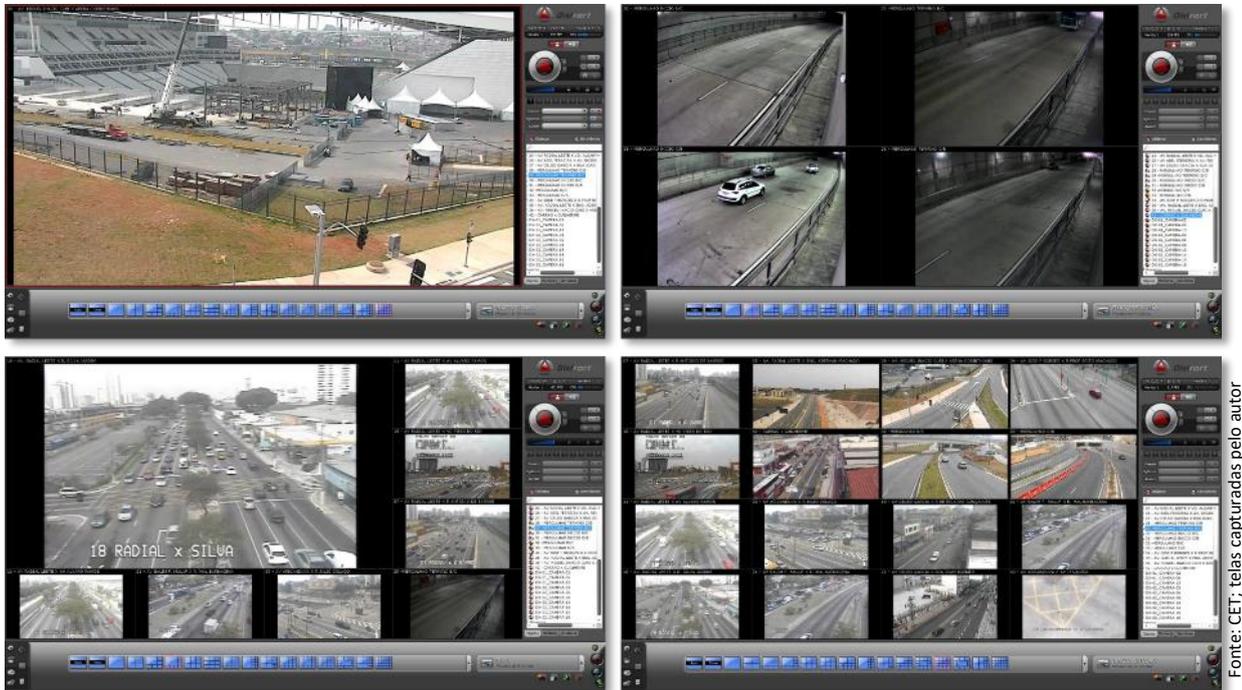
## 16.3 SOFTWARE DE GERENCIAMENTO DE VÍDEO

Todos os controles de câmera, como pan, tilt, zoom, preset etc., a seleção das imagens, configurações, comandos de gravação e reprodução de imagens e administração do sistema são feitos por meio do software de gerenciamento de vídeo, ou **VMS** (*Video Management Software*), que é a interface entre o usuário e o sistema de vídeo digital.

Há várias formas de se realizar esta interface. A mais básica é o acesso direto ao endereço IP da câmera, via navegador comum de internet, em que é possível visualizar as imagens e, em alguns modelos, acessar o software interno presente nas câmeras. Este software permite realizar os recursos básicos de uma câmera IP, inclusive gravação em cartão interno de memória. DVRs e NVRs são fornecidos com seus próprios softwares de gerenciamento de vídeo. Por serem computadores completos, possuem capacidade de utilização de softwares com muitos recursos de operação de vídeo, mas suportam um número limitado de câmeras.

Para sistemas maiores, que utilizam arquitetura cliente-servidor, são recomendados softwares específicos, fornecidos separadamente dos demais equipamentos, e instalados no servidor e nos clientes. As funções e características mais comuns aos sistemas de VMS são:

- **Visualização.** Seleção e exibição de imagens e áudio ao vivo; reprodução de gravações e captura de tela (snapshot). Imagens de diferentes origens podem ser vistas ao mesmo tempo por diversos usuários e em vários monitores de uma mesma estação. A tela pode ser dividida em várias janelas com diversas opções de layout (modo mosaico) ou em tela cheia, de forma sequencial.



Fonte: CET; telas capturadas pelo autor

Figura 230. Exemplos de layout da tela de monitoramento.

- **Telecomando.** Permite o acionamento dos comandos de pan, tilt e zoom por meio de mouse, teclado ou tela sensível ao toque; memorização e acionamento de presets; comando de dispositivos remotos, como limpador de janela, desembaçador, abertura de portas, acendimento de luzes, disparo de alarme e envio de mensagens de áudio. Sobre imagens gravadas, permite o uso de PTZ virtual.
- **Gravação e reprodução.** Ferramentas de gravação contínua, manual, agendada, acionada por movimento e por evento. Organização de vídeos gravados, pesquisa por data, hora, local, evento ou índice (marcador). Exportação em vários formatos (H.264, M-JPEG etc.) e para mídia externa (CD, DVD).
- **Recursos especiais.** Seleção de fluxo de vídeo de câmeras multistream em diferentes resoluções e taxas de quadros; seleção de câmera por meio de mapa interativo; configuração de máscara de privacidade; vídeo analítico; alarme sonoro e janela pop-up por evento; envio automático de mensagens de eventos por e-mail ou SMS; leitura automática de placas.
- **Ferramentas administrativas.** Gerenciamento de espaço em disco e tempo de retenção das imagens; gerenciamento de banda; configuração do sistema; inclusão e configuração de novas câmeras e clientes; geração de relatórios de atividades (logs) e estatísticas.
- **Segurança.** Identificação de usuários por senha; definição de hierarquia de comando; definição de grupos de usuários e permissões, como administrador (acesso a todas as funções e configurações), operador (acesso a visualização e comando) e visualizador (apenas a seleção e visualização das câmeras permitidas pelo administrador); ferramentas de auditoria e certificação contra adulteração de imagens.

Embora alguns fabricantes de produtos de CFTV ofereçam versões gratuitas — com poucos recursos — de VMS, os softwares mais completos são comercializados sob licença. Porém, cada empresa adota uma

política própria de licenças, o que torna difícil a comparação direta de recursos e preços. De forma geral, as licenças do software são cobradas em função do número de câmeras conectadas a cada servidor. De acordo com o fabricante, outras licenças podem estar incluídas no preço ou cobradas à parte, como a licença por clientes e por softwares analíticos e as atualizações de versão.

### 16.3.1 PADRONIZAÇÃO: ONVIF

Em sistemas de CFTV analógicos, havia apenas dois padrões de vídeo: NTSC e PAL. Não havia um padrão de telecomando, pois cada fabricante adotava protocolos próprios. Placas de tradução permitiam que matrizes de diversos fabricantes operassem câmeras de outras marcas. Isto não era um grande problema, pois havia poucas empresas importantes de CFTV analógico. O CFTV digital, no entanto, teve um início caótico, pois sua origem é a Ciência da Computação e não de televisão e vídeo. Câmeras de um determinado fabricante só funcionavam com DVRs, NVRs e softwares de vídeo do mesmo fabricante. Qualquer expansão que o cliente desejasse ficaria amarrada à mesma marca.

Em 2008, três importantes fabricantes de sistemas de CFTV e segurança — a sueca Axis, a alemã Bosch e a japonesa Sony — propuseram um fórum voltado à criação de uma plataforma aberta e padronizada para produtos de segurança baseados em IP. Este fórum, e o conjunto de normas resultantes, foi chamado de **Onvif** (*Open Network Video Interface Forum*, Fórum de Interface Aberta para Vídeo em Rede).

As principais propostas do Onvif são a **padronização** da comunicação de segurança baseada em IP e a **interoperabilidade** entre produtos de segurança baseados em IP independentemente do fabricante. As especificações Onvif definem um protocolo comum para a troca de informações entre dispositivos de vídeo em rede, como fluxos de vídeo e metadados. Estas especificações são agrupadas em perfis:

- **Perfil S**, para sistemas de vídeo IP. Fluxos de vídeo e áudio, controle de PTZ e de saída de relês e configuração de vídeo;
- **Perfil C**, para controle de acesso baseado em IP;
- **Perfil G**, para armazenamento e recuperação de vídeo IP;
- **Perfil Q**, para instalação rápida de sistemas de vídeo IP;
- **Perfil A**, para configuração de controles de acesso de grande porte;
- **Perfil T** (em desenvolvimento), para compressão de vídeo avançada, como H.264 e H.265 e alarmes por análise de vídeo.

Os elementos mais importantes de uma especificação de perfil são<sup>84</sup>:

- **Requisitos de dispositivo**. Define as características que devem ser implementadas por um dispositivo Onvif para que possa interagir com um cliente Onvif em conformidade com o mesmo perfil;
- **Requisitos do cliente**. Define as funcionalidades que devem ser implementadas por um cliente Onvif para que possa interagir com um dispositivo Onvif em conformidade com o mesmo perfil.

Os níveis dos requisitos para as características são:

- **Obrigatório**. Característica que deve ser implementada por um dispositivo ou cliente;
- **Condicional**. Característica que deve ser implementada por um dispositivo ou cliente desde que disponha desta funcionalidade de alguma forma, inclusive proprietária.

<sup>84</sup> ONVIF - Open Network Video Interface Forum. ONVIF Profile Policy – Version 2.0, Sep. 2014. Disponível em: <[http://www.onvif.org/Portals/0/documents/op/ONVIF\\_Profile\\_Policy\\_v2-0.pdf](http://www.onvif.org/Portals/0/documents/op/ONVIF_Profile_Policy_v2-0.pdf)>. Acesso em: Nov. 2014.

Os requisitos para as funcionalidades são classificados em três níveis:

- **Obrigatório.** Função que deve ser implementada por um dispositivo ou cliente;
- **Condicional.** Função que deve ser implementada por um dispositivo ou cliente desde que disponha desta funcionalidade;
- **Opcional.** Função que pode ser implementada por um dispositivo ou cliente.

Atualmente, o Onvif conta com cerca de 500 empresas, sendo 37 membros efetivos, como LG, Panasonic, Pelco/Schneider, Samsung e Siemens, entre outros. O fato de um fabricante ser membro do Onvif não significa que todos os seus produtos estão em conformidade com o Onvif. É preciso confirmar, por meio das especificações dos equipamentos e softwares, se estão todos em conformidade com o perfil e a versão mais atual do Onvif. Ainda que o equipamento esteja em conformidade com o Onvif, é altamente recomendável a realização de testes de compatibilidade, pois é possível que algumas funcionalidades não sejam plenamente compatíveis com a infraestrutura existente.

Além do Onvif, a PSIA (*Physical Security Interoperability Alliance*, Aliança de Interoperabilidade de Segurança Física) é uma iniciativa com objetivos semelhantes, mas com menor aceitação. O NTCIP (*National Transportation Communications for Intelligent Transportation System Protocol*, Protocolo Nacional de ITS para Comunicação de Transportes), dos Estados Unidos, é uma família de normas de padronização entre equipamentos de diversos fabricantes voltados a ITS (Sistemas Inteligentes de Transporte), como controladores semafóricos, CFTV e painéis de mensagens variáveis. O padrão NTCIP 1205 é destinado ao controle de câmeras de CFTV, mas, embora seja adotado em alguns produtos, geralmente americanos, ainda tem pouca aceitação no mercado mundial.

## 16.4 ERGONOMIA DA SALA DE CONTROLE

Até que ponto uma sala de controle bem projetada pode melhorar a eficiência da operação? Não há consenso, mas é certo que a operação será pouco eficiente se não houver uma preocupação de oferecer aos operadores as mínimas condições de conforto e um acesso fácil às informações de que necessitam para a tomada de decisões de forma rápida e precisa. A **ergonomia** tem por objetivo melhorar o desempenho, a saúde, a segurança e o conforto humanos por meio do projeto do ambiente de trabalho, dos equipamentos, das tarefas e das práticas de trabalho. Por isso, ainda que alguns itens ergonômicos signifiquem um custo extra, o ganho em eficiência compensa o investimento. A preocupação com a ergonomia deve ser constante, e não apenas na fase de implantação da sala de controle. Os principais aspectos<sup>85</sup> a serem considerados, tanto físicos quanto cognitivos, são descritos a seguir:

- **Arquitetura.** Naturalmente, a sala deve ser grande o suficiente para acomodar os funcionários, móveis e equipamentos, não apenas aqueles da época da implantação, mas também as eventuais ampliações. O projeto da sala sofrerá restrições se o espaço for muito pequeno, com formato estranho ou com colunas que afetarão o posicionamento do video wall. As entradas e saídas deverão ser projetadas para o acesso fácil de cadeiras de rodas e de grandes equipamentos. Sempre que possível, a sala de controle deverá ter janelas para permitir a entrada de luz natural e a visão do mundo exterior. Neste caso, deverão ser previstas persianas, para regular a entrada de luz e evitar reflexos nos monitores. A acústica da sala deve ser tratada de forma a evitar ruídos externos e absorver os internos.

<sup>85</sup> Fonte primária deste capítulo: WALLACE, E.; DIFFLEY, C. *CCTV Making it work – CCTV Control room ergonomics. Police Scientific Development Branch – Home Office Police Policy Directorate. St Albans, Reino Unido, 1998, 25p*

- **Ambiente.** A iluminação da sala precisa ser adequada e suficiente para todas as tarefas. A iluminação difusa é recomendada em vez da luz localizada. A disposição dos pontos de luz deve ser feita de forma a evitar reflexos nos monitores. Reduzir a iluminação para melhorar a visualização dos monitores irá prejudicar a realização de outras tarefas, como a leitura de manuais e relatórios e causar fadiga visual nos operadores. Por isso, um video wall com monitores é mais indicado do que uma tela de projetor. A sala deve ser climatizada levando-se em conta que humanos e máquinas têm necessidades diferentes de temperatura ambiente. Por isso, é recomendável que haja uma sala separada para equipamentos como servidores, storages etc., com temperatura e umidade constantes, de acordo com as especificações dos fabricantes. Para a sala dos operadores, é recomendável que a temperatura possa ser ajustada pelos próprios usuários. A umidade do ar não deve ser muito baixa, pois causa desconforto respiratório e irritação nos olhos. A ventilação deve ser feita com ar fresco ou purificado, evitando-se correntes de ar vindas de portas e janelas. Os ares-condicionados e dutos de ventilação devem ser higienizados periodicamente e os filtros trocados com a frequência indicada pelo fabricante para se evitar a proliferação de fungos. O nível médio de ruído ambiente não deve passar de 85 dB e alarmes sonoros devem estar, pelo menos, 10 dB acima do ruído de fundo<sup>86</sup>.
- **Posto de trabalho.** A altura da mesa de trabalho e o posicionamento dos móveis devem prever espaço suficiente para a movimentação das pernas do operador, para que ele possa mudar de posição regularmente quando sentado, evitando fadiga e permitindo a livre circulação do sangue. O espaço sob a mesa deverá ser livre de pés ou qualquer objeto que afete a postura ou impeça a livre movimentação do operador. A mesa de trabalho deve ter tamanho e profundidade suficientes para acomodar todos os equipamentos e documentos, com espaço para que o operador possa escrever à mão e apoiar os antebraços e mãos para evitar fadiga. Todo o material de trabalho deve ser posicionado ao alcance fácil do operador. Se o operador precisar se curvar ou se esticar para realizar seu trabalho de rotina, sofrerá desconforto físico e dores nas costas, pescoço e ombros. Preferencialmente, a disposição deverá ser facilmente ajustável para a operação de canhotos. A superfície da mesa não deverá ser lisa demais, a fim de se evitar reflexos incômodos e que os equipamentos escorreguem com o uso.
- **Layout do posto de trabalho.** Quando os equipamentos e mesas forem compartilhados entre operadores, deverão ser colocados em posição de fácil acesso para cada operador. Deverá ser reservado espaço entre as estações a fim de facilitar os trabalhos de manutenção sem que as operações tenham que ser interrompidas. Os monitores devem ser posicionados de forma a evitar reflexos das janelas. As mesas devem ser posicionadas de forma que a luz do Sol vinda das janelas não incida diretamente nos olhos do operador. Para evitar acidentes, cabos devem ser embutidos sob o piso ou em canaletas internas nos móveis.
- **Cadeiras.** As cadeiras deverão ser ergonomicamente projetadas a fim de se evitar má postura dos operadores e conseqüente fadiga muscular. Os operadores deverão ser orientados quanto à postura correta nas cadeiras. As cadeiras deverão ser confortáveis, pois os operadores passarão a maior parte do tempo sentados. Deverão ter apoio para os braços e ajuste de altura, para que os pés do operador se apoiem no chão, devendo ser fornecidos descansos para os pés, quando necessário. É recomendável que tenham ajuste de encosto, tanto de altura quanto de inclinação. Deverão ter assento giratório para que o operador não tenha que virar o pescoço para observar algum monitor que esteja fora da sua linha de visão frontal. Deverão ter rodízios nos pés para facilitar a movimentação.

---

<sup>86</sup> KEVAL, Hina Uttam. *Effective, Design, Configuration, and Use of Digital CCTV*. Tese de doutorado para o Departamento de Ciência da Computação da University College London. Londres, 2008

- **Monitores de CFTV.** O tamanho dos monitores deve levar em conta o nível de detalhes, o tipo de ação que se deseja observar e a sua distância para o operador. Não será possível ao operador distinguir detalhes se a tela for muito pequena ou estiver muito distante, além de poder causar estresse visual e dores de cabeça. A Tabela 14 ajuda a estabelecer a distância recomendada entre o operador e monitor (ou video wall) em função do seu tamanho. Se a tela for exibida em mosaico, o tamanho da janela do mosaico deve ser entendido como o tamanho do monitor.

Distância (metros)	Tamanho do monitor (polegadas na diagonal)		
	TV analógica	HD 720p	HD 1080p
1	8 – 9	13 – 17	20 – 25
1,5	11 – 14	20 – 25	30 – 38
2	15 – 19	27 – 34	40 – 50
2,5	19 – 24	33 – 42	50 – 63
3	22 – 28	40 – 50	60 – 76
3,5	26 – 33	47 – 59	70 – 88
4	30 – 38	53 – 67	80 – 101
4,5	34 – 42	60 – 76	90 – 113
5	37 – 47	67 – 84	100 – 126

Tabela 14. Distância para o operador em função do tamanho do monitor.

O monitor não deverá ser posicionado de forma a obrigar o operador a assumir uma postura incômoda, não devendo, portanto, ser posicionado muito alto ou em ângulo desfavorável. Recomenda-se o número máximo de quatro monitores de até 25 polegadas por operador<sup>87</sup>. É recomendável que os monitores fiquem soltos sobre a mesa ou fixados a suportes articulados, para que o usuário possa ajustá-los no ângulo que achar mais conveniente. A altura excessiva dos monitores de mesa também deverá ser evitada, pois o monitor poderá obstruir parte da visão do video wall. O brilho do monitor deve ser ajustado para um valor médio, nem fraco nem intenso demais, pois isto poderá provocar estresse visual ao operador. Os cabos e conexões devem estar firmemente fixados, para evitar oscilações da imagem. O monitor deve possuir ajustes de brilho e contraste ao alcance do operador.

- **Conteúdo dos monitores.** Em sistemas com muitas câmeras, deverão ser estabelecidos critérios para a seleção das imagens a serem exibidas. Por exemplo, caso a estação de trabalho possua dois ou mais monitores, as câmeras prioritárias devem, preferencialmente, ser exibidas nos monitores centrais, deixando os periféricos para exibição de câmeras menos importantes, mapas e câmeras com vídeo analítico, e o video wall para uma visão geral. Como o contraste aparente de monitores LCD diminui com o ângulo de visualização, é recomendável que o conjunto de monitores forme uma curva suave diante do operador. Dependendo do layout da sala de controle, o mesmo pode ser feito com o video wall, especialmente se for muito largo. Imagens exibidas em mosaico, tanto nos monitores de mesa quanto no video wall, devem obedecer a critérios lógicos, que não devem ser alterados com frequência, para que os operadores se familiarizem com uma rotina sistemática. As imagens nos mosaicos devem ser agrupadas por região ou corredor de tráfego, pois o monitoramento de imagens distribuídas de forma aleatória é mais lento e menos eficiente. A interface com o usuário deve ser simples e intuitiva, por exemplo, com a seleção das câmeras por meio de mapas. Os softwares utilizados deverão usar fontes de texto com tamanho ajustável. Caracteres escuros sobre fundo claro (polaridade positiva) oferecem uma leitura mais confortável do que a polaridade negativa.

<sup>87</sup> KEVAL, Hina Uttam. *Effective, Design, Configuration, and Use of Digital CCTV*. Tese de doutorado para o Departamento de Ciência da Computação da University College London. Londres, 2008

- **Número de câmeras por operador.** É um dos fatores mais determinantes da eficiência da operação de monitoramento. Pesquisas realizadas a respeito são inconclusivas. Os próprios operadores (segundo pesquisa de Wallace e Diffley<sup>88</sup>, do PSDB — *Police Scientific Development Branch* britânico) acreditam que não devem monitorar, com a devida atenção e eficiência, mais do que **16 câmeras** ao vivo simultaneamente. Na prática, este número é ultrapassado com frequência, geralmente devido à limitação de recursos, sendo uma fonte comum de queixas dos operadores. Segundo Keval<sup>89</sup>, da *University College London*, estudo realizado com 14 centros de controle em Londres e arredores chegou à média de 42 câmeras por operador, alcançando 120 no pior caso. O aperfeiçoamento das técnicas de vídeo analítico tende a ampliar cada vez mais este número. Um dos motivos que dificultam a chegada a um consenso é a diversidade de objetivos do monitoramento, como segurança pública, viária, segurança patrimonial etc., além da quantidade de movimento da cena e de objetos observados. Keval também observou que, em média, cada central trabalhava com cinco operadores no turno do dia e três no turno da noite (todas as centrais de Londres operavam 24 horas por dia e adotavam o regime de quatro turnos diurnos de 12 horas, com intervalos de dois dias, seguidos por quatro turnos noturnos de 12 horas; nas centrais da CET de São Paulo, os turnos são de 6 horas/dia).
- **Tempo de visualização.** Novamente, não há pesquisas conclusivas a respeito, embora os operadores (segundo Wallace e Diffley) acreditem que o tempo máximo contínuo para observação de câmeras de CFTV deve estar entre 30 minutos e duas horas para se evitar perda de atenção e fadiga, com sintomas (temporários) como visão dupla ou borrada e dores de cabeça. O *Health and Safety Executive*<sup>90</sup>, órgão consultivo do governo britânico, recomenda pausas curtas e frequentes em vez de intervalos longos e irregulares. Por exemplo, intervalos de **5 a 10 minutos** a cada **50 ou 60 minutos** em vez de 15 minutos a cada duas horas.
- **Informações na tela.** A informação mais importante a ser apresentada na tela é o endereço da câmera. Esta informação deve ser padronizada. Por exemplo, *Av. São Luís x Rua da Consolação e Rua Martins Fontes x Viaduto Nove de Julho* são duas formas de se referir ao mesmo cruzamento, o que pode causar confusão na identificação do local. Outras informações úteis são o número da câmera (que não deve ser alterado, pois é usado para seleção rápida da câmera e costuma ser memorizado pelo operador) e a taxa de quadros e de bits, que ajudam o operador a identificar eventuais problemas de transmissão. A data e a hora da gravação também devem ser exibidas na recuperação das imagens gravadas.
- **Mesa controladora.** Deve dispor de joystick, embora também seja possível controlar o PTZ via mouse. Os botões mais usados, como o de seleção da câmera, dos presets e de início e fim da gravação não devem ser muito pequenos e devem ser posicionados de forma a evitar acionamento acidental. Deve ser posicionado de forma flexível, a fim de poder ser usado por destros e canhotos.

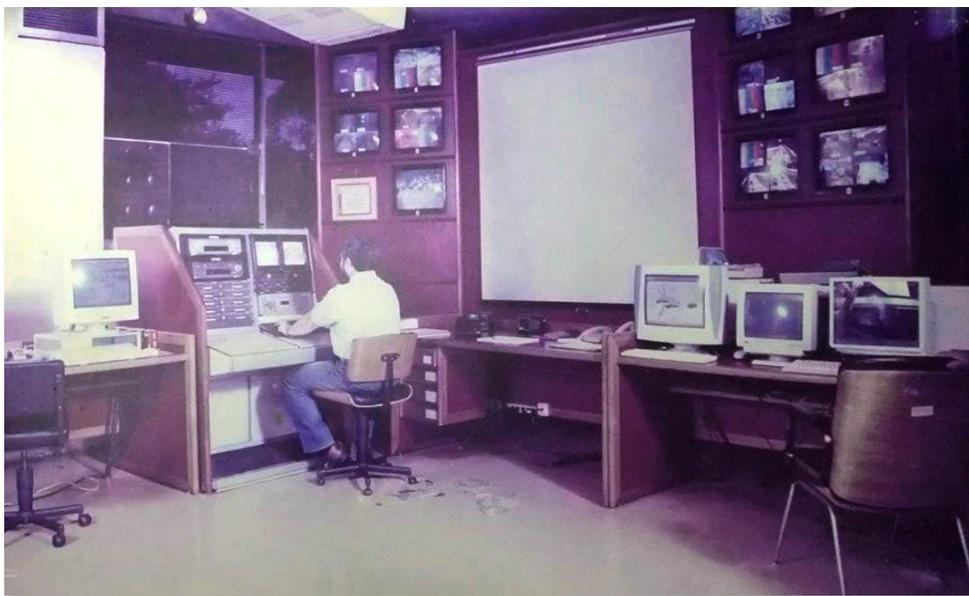
<sup>88</sup> WALLACE, E.; DIFFLEY, C. *CCTV Making it work – CCTV Control room ergonomics. Police Scientific Development Branch – Home Office Police Policy Directorate. St Albans, Reino Unido, 1998, 25p*

<sup>89</sup> KEVAL, Hina Uttam. *Effective, Design, Configuration, and Use of Digital CCTV. Tese de doutorado para o Departamento de Ciência da Computação da University College London. Londres, 2008*

<sup>90</sup> HEALTH and Safety Executive. *Work with display screen equipment - Health and Safety (Display Screen Equipment) Regulations 1992 as amended by the Health and Safety (Miscellaneous Amendments) Regulations 2002. 68p*

## CONCLUSÃO

Dentro de suas limitações, a CET de São Paulo procurou manter-se atualizada tecnologicamente. O primeiro sistema de CFTV a ser efetivamente implantado na CET foi a central de operações do Túnel Presidente Jânio Quadros, na Praça Oscar Americano, em 31 de março de 1994. Primeiro túnel subfluvial da cidade e o maior em extensão até então (1900 m), o Túnel Jânio Quadros liga a Av. Presidente Juscelino Kubitschek, no Itaim Bibi, à Av. Lineu de Paula Machado e à Rua Engenheiro Oscar Americano, na Cidade Jardim, passando sob o Rio Pinheiros. Tratava-se de um projeto modelo de tecnologia, com um complexo sistema automático de monitoramento das condições de operação do túnel, com medidores de concentração de gases tóxicos, ventiladores, bombas d'água, painéis de mensagens variáveis e câmeras de vídeo.



Consórcio Constadel

*Figura 231. Central de Operações do Túnel Jânio Quadros em 1994.*

O sistema de CFTV do Túnel Jânio Quadros e entorno contava inicialmente com 22 câmeras, sendo 18 PTZ, para monitoramento de tráfego, e quatro fixas, para contagem de veículos. O Túnel Tribunal de Justiça, operado na mesma central, tinha seis câmeras PTZ e duas fixas. O Túnel Sebastião Camargo, incorporado em novembro de 1995 à central Jânio Quadros, tinha nove câmeras PTZ e duas fixas. Tanto as câmeras quanto os equipamentos de central eram analógicos. Também inicialmente analógicos eram os sistemas de CFTV do Complexo Viário Maria Maluf (1994), na Zona Sul e os túneis Ayrton Senna I e II (1995 e 1996, respectivamente), sob o Parque do Ibirapuera. Os túneis Fernando Vieira de Mello e Max Feffer, que passam sob a Av. Brig. Faria Lima, são inaugurados em 2004, já com centrais parcialmente digitais, com DVRs, mas com câmeras ainda analógicas.

O projeto CTA (Controle de Tráfego em Área), inaugurado em 1996, operava cinco centrais regionais, voltadas principalmente para o controle de semáforos em tempo real, utilizando sistemas de CFTV como apoio. Tanto centrais como câmeras eram, inicialmente, todas analógicas. Em 1997, o sistema de CFTV da CET contava com 82 câmeras de CTA e 85 de túneis, distribuídas em oito centrais de operação.

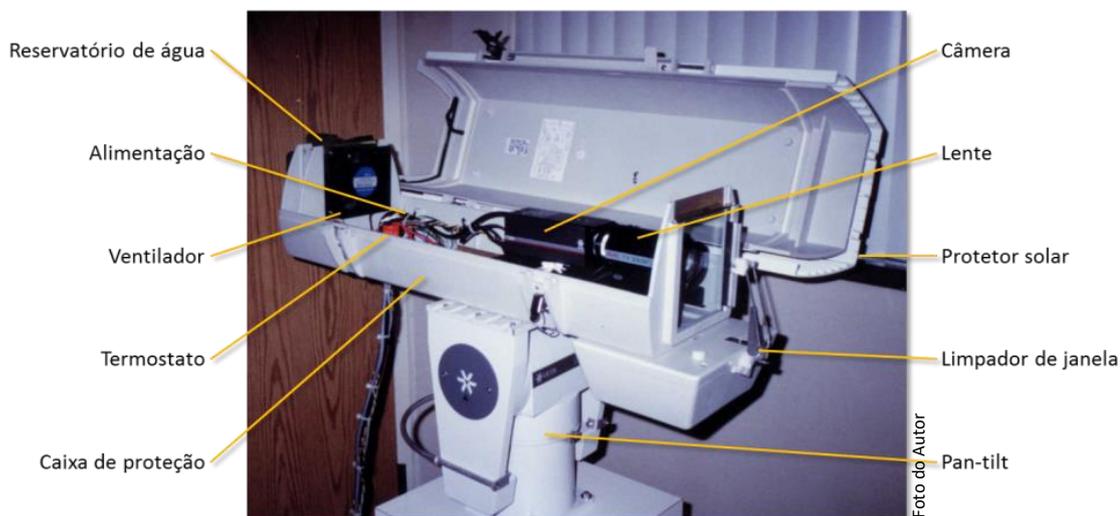


Figura 232. Câmera PTZ da CTA 1 em 1996. O conjunto pesava cerca de 15 kg.

No mesmo ano, entram em cena os polos geradores de tráfego. Os PGTs são grandes empreendimentos, como shopping centers, condomínios, centros esportivos, templos religiosos etc., que têm potencial de atrair um grande número de veículos e, conseqüentemente, gerar impacto negativo no trânsito, nas condições ambientais e na segurança viária da região. Segundo a Lei Municipal nº 15.150/10 e o decreto nº 51.771/10, o empreendedor precisa executar obras ou serviços a fim de amenizar estes efeitos. Isto pode ser feito de diversas formas, como obras viárias, alterações na sinalização, semáforos e câmeras de vídeo. De fato, os PGTs têm desempenhado um papel importante na ampliação e na modernização do sistema de CFTV da CET. Por exemplo, em 2002, a primeira câmera domo da CET, ainda analógica, foi fornecida por PGT; em 2006, também por polo gerador, é fornecida a primeira câmera com transmissão por rádio, inaugurando a central de operações da GET 6, atual GET MB (as demais câmeras são conectadas por fibra óptica).

Em 2004, são instaladas as primeiras câmeras digitais da CET, nos corredores de ônibus São João–Pirituba e Francisco Morato (10 e 4 câmeras, respectivamente), mas com as centrais operando de forma híbrida, com matrizes de comando analógicas dividindo espaço com gravadores digitais (DVRs). A partir de 2009, todas as centrais passariam a operar de forma híbrida, analógica e digital.

Em 2014, passa a operar a primeira central totalmente digital, ainda com câmeras analógicas, convertidas por encoders. No ano seguinte, a CTA 3 termina a substituição de todas as suas câmeras analógicas por digitais.

No ano de 2017, todas as centrais da CET operavam de forma digital, embora algumas câmeras analógicas com encoder permaneçam conectadas. Ao fim do mesmo ano, o número de câmeras digitais ultrapassa o de câmeras analógicas. Em meados de 2018, o total de câmeras instaladas da CET superava 500 pontos.



Figura 233. Primeiro modelo de câmera digital utilizada pela CET (mostrada aqui sem o domo).



Este trabalho foi escrito entre 2012 e 2019. Parece muito tempo. Em matéria de tecnologia, é uma eternidade. Neste período, o texto passou por várias revisões e atualizações. Esforço praticamente vão, pois os assuntos mais recentes ficam obsoletos quase imediatamente após cada atualização. Por isso, optamos por não nos aprofundarmos muito em tecnologias mais recentes, como o formato de vídeo H.265, as resoluções de imagem que não param de aumentar e novos recursos de inteligência artificial que melhoram a qualidade das imagens e a eficiência de softwares analíticos. Portanto, como não podia deixar de ser, o texto apenas reflete o estado da arte no momento de sua publicação, poupando-se de exercícios de futurologia. Deixemos isso para autores de ficção científica, profetas e economistas.

A pesquisa contou com cerca de 500 fontes bibliográficas, relacionadas na seção Bibliografia. No caso de citações textuais ou de uso de dados de terceiros, a respectiva autoria é creditada ao longo do texto, em notas de rodapé. Sempre que possível, procuramos evitar o uso de fotos e ilustrações de terceiros, todos devidamente creditados aos seus autores ou fontes originais. Das mais de 230 figuras, cerca de metade é de material inédito, como fotos, gráficos e ilustrações de nossa autoria.

Meus agradecimentos a toda a equipe da Gerência de Planejamento e Projetos Tecnológicos da CET: Alexandre Francisco, Anita, Beth, Denise, Fábio Gama, José Antônio (saudoso dos tempos da televisão mecânica), Paulo Seiti, Paulo Thadeu, Solange e Tadeu Leite, além dos agregados Virgílio dos Santos, com seus olhos de lince, e João Cucci, grande palmeirense e apreciador de lagostas policromáticas.

Um agradecimento especial a Sun Hsien Ming, meu mestre e mentor, autor da ideia de escrever um Boletim Técnico sobre CFTV e a quem eu dedico este trabalho.

# BIBLIOGRAFIA

- 1890s VICTORIAN Trade Card. **Television History - The First 75 Years**. Disponível em: <<http://www.tvhistory.tv/1890s%20Victorian%20Trade%20Card.htm>>. Acesso em: Dec. 2012.
- 1950 TV Tupi – SP. **Memória Diários Associados**. Disponível em: <<http://www.diariosassociados.com.br/linhadotempo/decada50.html>>. Acesso em: fev. 2014.
- 300 (film). In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/300\\_\(film\)](http://en.wikipedia.org/wiki/300_(film))>. Acesso em: June 2012.
- 3D Displays. 3dcgi.com. Disponível em: <<http://www.3dcgi.com/cooltech/displays/displays.htm>>. Acesso em: Feb. 2014.
- 3D film. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/3D\\_film](http://en.wikipedia.org/wiki/3D_film)>. Acesso em: Feb. 2014. Figura em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/File:The\\_National\\_Archives\\_UK\\_-\\_WORK\\_25-208.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:The_National_Archives_UK_-_WORK_25-208.jpg)>, autor: The National Archives UK
- 3D television. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/3D\\_television](http://en.wikipedia.org/wiki/3D_television)>. Acesso em: Feb. 2014.
- 480i. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/480i>>. Acesso em: Jan. 2013.
- 576i. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/576i>>. Acesso em: Jan. 2013.
- ABRAHAM, T. Was Caravaggio the first master of photography? How Baroque artist used techniques 200 years before invention of the camera. **Mail Online**, Londres, 11 Mar. 2009. Disponível em: <<http://www.dailymail.co.uk/news/article-1161178/Was-Caravaggio-master-photography-How-Baroque-artist-used-techniques-200-years-invention-camera.html>>. Acesso em: June 2012.
- ACTIVE Matrix. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Active\\_matrix](http://en.wikipedia.org/wiki/Active_matrix)>. Acesso em: Apr. 2013.
- ACTIVE shutter 3D system. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Active\\_shutter\\_3D\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Active_shutter_3D_system)>. Acesso em: Feb. 2014.
- ACTIVE Pixel Sensor. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/CMOS\\_sensor](http://en.wikipedia.org/wiki/CMOS_sensor)>. Acesso em: Feb. 2013. Figura em <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aps\\_pd\\_pixel\\_schematic.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Aps_pd_pixel_schematic.svg)>, autor: Gargan
- ADVANCED Television Systems Committee standards. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Atsc>>. Acesso em: Jan. 2014.
- ADVERTISING Standards Authority. **ASA Adjudication on Samsung Electronics UK Ltd**. Aug. 2009. Disponível em: <[http://www.asa.org.uk/Rulings/Adjudications/2009/8/Samsung-Electronics-UK-Ltd/TF\\_ADJ\\_46783.aspx](http://www.asa.org.uk/Rulings/Adjudications/2009/8/Samsung-Electronics-UK-Ltd/TF_ADJ_46783.aspx)>. Acesso em: Jan. 2014.
- AIMETIS Corp. **White Paper: Factors that Influence video analytic performance**. Waterloo, Canada, 2009. 5p.
- ANDREANI, Emmanuelle. Caravaggio used photographic techniques: researcher. **PHYS.ORG**, Mar. 2009. Disponível em: <<http://phys.org/news155889108.html>>. Acesso em: June 2012.
- ALEXANDER Graham Bell. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Alexander\\_Graham\\_Bell](http://en.wikipedia.org/wiki/Alexander_Graham_Bell)>. Acesso em: Oct. 2012.
- ALHAZEN. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Alhazen>>. Acesso em: June 2012.
- ALVES, J. E. Diniz. As Características dos Domicílios Brasileiros entre 1960 e 2000. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE**, 2004.
- AMPEX. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Ampex>>. Acesso em: Jan. 2013.
- AMPEX Corporation. In: Engineering and Technology History Wiki. Disponível em: <[https://ethw.org/Ampex\\_Corporation?gclid=CjwKCAjwmZbpBRAGEiwADrmVXrWbGJ4IBRN1F-LxX3tyvoqlASLy5Zk7HBZn-VdLOka3zgGI86UufPhoCjCkQAvD\\_BwE](https://ethw.org/Ampex_Corporation?gclid=CjwKCAjwmZbpBRAGEiwADrmVXrWbGJ4IBRN1F-LxX3tyvoqlASLy5Zk7HBZn-VdLOka3zgGI86UufPhoCjCkQAvD_BwE)>. Acesso em: Jan. 2013.
- ANAGLYPH 3D. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Anaglyph\\_3D](http://en.wikipedia.org/wiki/Anaglyph_3D)>. Acesso em: Feb. 2014. Figuras em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/File:3D\\_dusk\\_on\\_Desert.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:3D_dusk_on_Desert.jpg)>, autor: U.S. Department of the Interior - U.S. Geological Survey - Geology Discipline e <[https://en.wikipedia.org/wiki/File:Anaglyph\\_glasses.png](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Anaglyph_glasses.png)>, autor: Snaily
- ANDRÉ-ADOLPHE-EUGÈNE Disdéri. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Andr%C3%A9-Adolphe-Eug%C3%A8ne\\_Disd%C3%A9ri](http://en.wikipedia.org/wiki/Andr%C3%A9-Adolphe-Eug%C3%A8ne_Disd%C3%A9ri)>. Acesso em: Sep. 2012.
- ANG, Tom. **Vídeo Digital: Uma Introdução**. Tradução: Assef Nagib Kfoury, Silvana Vieira. São Paulo: Editora Senac São Paulo, 2007. 224 p.
- ANIMATION. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Animation>>. Acesso em: June 2012.
- APERTURE. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Aperture\\_stop](http://en.wikipedia.org/wiki/Aperture_stop)>. Acesso em: Apr. 2014.
- APÓS 80 anos, Fujifilm deixa de fabricar rolos para filmes. **G1: Tecnologia e Games**, set. 2009. Disponível em: <<http://g1.globo.com/tecnologia/noticia/2012/09/apos-80-anos-fujifilm-deixa-de-fabricar-rolos-para-filmes.html>>. Acesso em: out. 2012.
- ARGAND lamp. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Argand\\_lamp](http://en.wikipedia.org/wiki/Argand_lamp)>. Acesso em: June 2012.

- ARISTOTLE. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Aristotle>>. Acesso em: Jan. 2014.
- ASSIS Chateaubriand. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2014. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Assis\\_Chateaubriand](http://pt.wikipedia.org/wiki/Assis_Chateaubriand)>. Acesso em: fev. 2014.
- ASSOCIAÇÃO Brasileira de Normas Técnicas - ABNT. Disponível em: <<http://www.abnt.org.br/>>
- AUGUSTE and Louis Lumière. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Lumi%C3%A8re\\_brothers](http://en.wikipedia.org/wiki/Lumi%C3%A8re_brothers)>. Acesso em: Oct. 2012. Figura em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:CinematographeProjection.png>>.
- AULETE iDicionário. **Dicionário online Caldas Aulete**, 2008. Lexicon. Disponível em: <<http://aulete.uol.com.br>>. Acesso em: jul. 2012.
- AUTOSTEREOSCOPY. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Autostereoscopia>>. Acesso em: Feb. 2014. Figura em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Parallax\\_barrier\\_vs\\_lenticular\\_screen.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Parallax_barrier_vs_lenticular_screen.svg)>, autor: Cmglee
- AVATAR (film). In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Avatar\\_\(2009\\_film\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Avatar_(2009_film))>. Acesso em: June 2012.
- AXIS Communications. **CCD and CMOS sensor technology Technical white paper**. 2010. 8p.
- AXIS Communications. **Dez razões para mudar para vídeo baseado em IP**. Disponível em: <[http://www.axis.com/pt/academy/10\\_reasons/index.htm](http://www.axis.com/pt/academy/10_reasons/index.htm)>. Acesso em: Ago. 2014.
- AXIS Communications. **An explanation of video compression techniques**. 2008. 16p.
- AXIS Communications. **Guia técnico para vídeo em rede**. 2013. 140p.
- AXIS Communications. **Identificação e reconhecimento**. Disponível em: <<http://www.axis.com/pt/academy/identification/index.htm>>. Acesso em: Ago. 2014.
- AXIS Communications. **Image stabilization – improving camera usability**. 2014. 6p.
- AXIS Communications. **In the best of light - The challenges of minimum illumination**. 2010. 8p.
- AXIS Communications. **Lighting for Network Video - Lighting Design Guide**. 2010. 14p.
- AXIS Communications. **Os 10 principais desafios de instalação**. Disponível em: <[http://www.axis.com/pt/academy/installation\\_challenges/index.htm](http://www.axis.com/pt/academy/installation_challenges/index.htm)>. Acesso em: Out. 2014.
- AXIS Communications. **Os fatos sobre a luz**. Disponível em: <[http://www.axis.com/pt/academy/low\\_light\\_solutions/light\\_fact.htm](http://www.axis.com/pt/academy/low_light_solutions/light_fact.htm)>. Acesso em: Jul. 2014.
- AXIS Communications. **Power over Ethernet**. Disponível em: <[http://www.axis.com/products/video/about\\_networkvideo/poe.htm](http://www.axis.com/products/video/about_networkvideo/poe.htm)>. Acesso em: Aug. 2014.
- AXIS Communications. **Resolução necessária**. Disponível em: <<http://www.axis.com/pt/academy/identification/resolution.htm>>. Acesso em: Oct. 2014.
- AXIS Communications. **Streams de múltipla visualização**. Disponível em: <[http://www.axis.com/pt/products/video/about\\_networkvideo/multi-view\\_streaming.htm](http://www.axis.com/pt/products/video/about_networkvideo/multi-view_streaming.htm)>. Acesso em: Ago. 2014.
- AXIS Communications. **Um modelo simples**. Disponível em: <[http://www.axis.com/pt/academy/pixel\\_count/simple\\_model.htm](http://www.axis.com/pt/academy/pixel_count/simple_model.htm)>. Acesso em: Oct. 2014.
- AXIS Communications. **Vigilância através de câmeras térmicas**. 2010. 9p.
- AXIS Communications. **Wide Dynamic Range - Challenges and solutions**. 2010. 11p.
- BACKLIGHT. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Backlighting>>. Acesso em: jan 2014.
- BACK to Basics: Where Did the Video Security System Come From? **VinTech**, Apr 20, 2011. Disponível em: <<http://www.vintechology.com/journal/uncategorized/back-to-basics-where-did-the-video-security-system-come-from/>>. Acesso em: Mar. 2014.
- BALL, Kirstie et al. **A Report on the Surveillance Society**. For the Information Commissioner by the Surveillance Studies Network. Sep. 2006.
- BANCO Central do Brasil. Calculadora de correção. Disponível em: <<https://www3.bcb.gov.br/CALCIDADAOPublico/exibirFormCorrecaoValores.do?method=exibirFormCorrecaoValores&aba=1>>. Acesso em: fev. 2014.
- BANDA (rádio). In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2012. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Banda\\_\(r%C3%A1dio\)](http://pt.wikipedia.org/wiki/Banda_(r%C3%A1dio))>. Acesso em: out. 2012.
- BANDEIRA do Brasil. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2013. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Bandeira\\_brasileira](http://pt.wikipedia.org/wiki/Bandeira_brasileira)>. Acesso em: jan. 2013.
- BANESPA: Edifício Altino Arantes. **São Paulo Skyline**, 23 abr. 2012. Disponível em: <<http://www.saopauloskyline.com/2012/04/o-edificio-altino-arantes-e-com-certeza.html>>. Acesso em: fev. 2014.

- BARCO Inc. Catálogo de produtos: **Control room video walls**, Oct. 2013, 48p. Disponível em: <http://www.barco.com/en/compareProducts.html?products=f3e5e40d-ae12-40fb-a64f-8eb9e8884357%2c44e22358-07da-4089-8e93-0d80e6bf050a%2ca2a45d2b-fc92-482a-8308-928dd059da3e>. Figura em: Catálogo **OverView series - Rear-projection LED video walls**, Sep. 2014, p. 10.
- BARIUM sulfate. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: [http://en.wikipedia.org/wiki/Barium\\_sulfate](http://en.wikipedia.org/wiki/Barium_sulfate). Acesso em: June 2012.
- BARNETT, B. Louis Pasteur. In: **Pasteur Brewing**. Disponível em: <http://www.pasteurbrewing.com/biography/biography/history-of-louis-pasteur/78.htm>. Acesso em: Sep. 2012.
- BARRANCO de la Valltorta. In: WIKIPEDIA La Enciclopedia Libre, 2012. Disponível em: [http://es.wikipedia.org/wiki/Barranco\\_de\\_la\\_Valltorta](http://es.wikipedia.org/wiki/Barranco_de_la_Valltorta). Acesso em: jun. 2012.
- BARRET, David. One surveillance camera for every 11 people in Britain, says CCTV survey. **The Telegraph**, 10 July 2013. Disponível em: <http://www.telegraph.co.uk/technology/10172298/One-surveillance-camera-for-every-11-people-in-Britain-says-CCTV-survey.html>. Acesso em: June 2012.
- BAYER Filter. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: [http://en.wikipedia.org/wiki/Bayer\\_filter](http://en.wikipedia.org/wiki/Bayer_filter). Acesso em: Mar. 2012. Figuras em: [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Bayer\\_pattern\\_on\\_sensor.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Bayer_pattern_on_sensor.svg) e [https://en.wikipedia.org/wiki/File:Bayer\\_pattern\\_on\\_sensor\\_profile.svg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Bayer_pattern_on_sensor_profile.svg), autor: Cburnett e [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colorful\\_spring\\_garden\\_Bayer.png](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colorful_spring_garden_Bayer.png), autor: Anita Martinz
- BBC One. Super Slo-Mo Explosion. In: **Richard Hammond's Invisible Worlds**. Londres, 2010. Disponível em: <http://www.bbc.co.uk/programmes/p006xzcl>. Acesso em: Sep. 2012.
- BBC News Brasil. **Como funciona o 'Big Brother' da China, com 170 milhões de câmeras que fazem identificação visual**. Londres, 2017. Disponível em: <https://www.bbc.com/portuguese/internacional-42361047>. Acesso em: Out. 2018.
- BEGHINI, Ricardo. **A pré-história da TV no Brasil**. Artigo para o 9º Encontro Nacional de História da Mídia – UFOP – Ouro Preto, MG. 30 mai. a 1º jun. 2013. Disponível em: <http://www.ufrgs.br/alcar/encontros-nacionais-1/9o-encontro-2013/artigos/gt-historia-da-midia-audiovisual-e-visual/a-pre-historia-da-tv-no-brasil>. Acesso em: fev. 2014.
- BENI Hasan. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: [http://en.wikipedia.org/wiki/Beni\\_Hasan](http://en.wikipedia.org/wiki/Beni_Hasan). Acesso em: June 2012.
- BERGSTRÖM, Peter. Camera Surveillance - Test your system before a criminal does. **The Swedish National Laboratory of Forensic Science**. Linköping, Suécia, 2005. 36p.
- BETA movement. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: [http://en.wikipedia.org/wiki/Beta\\_movement](http://en.wikipedia.org/wiki/Beta_movement). Acesso em: June 2012.
- BETAMAX. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Betamax>. Acesso em: Jan. 2013. Figura em: [https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Betamax\\_Tape\\_v2.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Betamax_Tape_v2.jpg).
- BIG Brother Awards International. Disponível em: <http://www.bigbrotherawards.org/>. Acesso em: Mar. 2014.
- BING Crosby. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: [http://en.wikipedia.org/wiki/Bing\\_Crosby](http://en.wikipedia.org/wiki/Bing_Crosby). Acesso em: Jan. 2013.
- BLINK. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <http://en.wikipedia.org/wiki/Blink>. Acesso em: July 2012.
- BOCKAERT, Vincent. Glossary: **Effective Pixels**. Disponível em: <http://www.dpreview.com/glossary/camera-system/effective-pixels>. Acesso em: Aug. 2014.
- BOCKAERT, Vincent. Glossary: **Interpolation**. Disponível em: <http://www.dpreview.com/glossary/digital-imaging/interpolation>. Acesso em: Aug. 2014.
- BOCKAERT, Vincent. Glossary: **Sensor Sizes**. Disponível em: <http://www.dpreview.com/glossary/camera-system/sensor-sizes>. Acesso em: Sep. 2014.
- BONI, Eduardo. Sob Atenta Vigilância. Revista **Digital Security**, No. 15, pg. 32-34. Nov. 2012.
- BORIS Rosing. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: [http://en.wikipedia.org/wiki/Boris\\_Rosing](http://en.wikipedia.org/wiki/Boris_Rosing). Acesso em: Dec. 2012.
- BOSCH Security Systems. **DINION capture 5000**, 2013. Disponível em: <https://objects.eanixter.com/PD380633.PDF>. Acesso em: Oct. 2014.
- BRADLEY, Michael. The Thrilling Adventures of Superman, Episode 28. **Great Krypton**, Aug. 2011. Disponível em: <http://www.greatkrypton.com/2011/08/09/the-thrilling-adventures-of-superman-episode-28/>. Acesso em: Jan 2014. Figura em: <http://www.greatkrypton.com/wordpress/wp-content/uploads/2011/08/xrayvision.jpg>.
- BRASIL. Constituição Federal. 1988.
- BRASIL. Decreto Federal nº 3.665. 20 nov. 2000.
- BRASIL. Relação De Produtos Controlados. Anexo do Decreto Federal nº 3.665. 20 nov. 2000.
- BRASIL, Cristina Índio do. Globo e NHK iniciam teste com nova tecnologia de televisão ultra HD. **G1**, Rio de Janeiro, 11 fev. 2013. Disponível em: <http://g1.globo.com/rio-de-janeiro/carnaval/2013/noticia/2013/02/globo-e-nhk-iniciam-teste-com-nova-tecnologia-de-televisao-ultra-hd.html>. Acesso em: Fev. 2014. Figura em: [http://s2.glbimg.com/A42hly8Xy2lmbVpK2ociHgv1U4pS3xYbYrRZvkblB5loz-HdGixxa\\_8qOzvMp3w/s.glbimg.com/fo/g1/f/original/2013/02/11/carnaval8k.jpg](http://s2.glbimg.com/A42hly8Xy2lmbVpK2ociHgv1U4pS3xYbYrRZvkblB5loz-HdGixxa_8qOzvMp3w/s.glbimg.com/fo/g1/f/original/2013/02/11/carnaval8k.jpg).

- BRASIL em Números 2013 – Vol. 21, p. 308. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE**, 2013.
- BRASIL em Números 2017 – Vol. 25, pp. 369 a 372 e Tabela 17.4 p. 377. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE**, 2017.
- BRENNAN, Kristen. Forbidden Planet. **Star Wars Origins**. Disponível em: <<http://www.moongadget.com/origins/forbidden.html>>. Acesso em: Feb. 2014.
- BROADCAST television systems: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Broadcast\\_television\\_systems](http://en.wikipedia.org/wiki/Broadcast_television_systems)>. Acesso em: Jan. 2013.
- BROADCASTING. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Broadcasting>>. Acesso em: June 2012.
- BSIA - British Security Industry Association. **A guide to the maintenance and servicing of CCTV surveillance systems**. Jan. 2008. 12p.
- BSIA - British Security Industry Association. **An introduction to video content analysis - Industry guide**. 2009. 10p.
- BSIA - British Security Industry Association. **Planning, design, installation and operation of CCTV surveillance systems - Code of practice and associated guidance**. Issue 4, July 2014. 60p.
- BUREAU of Indian Standards. **Classification of Environmental Conditions – Part 3: Classification of Groups of Environmental Parameters and Their Severities**. Nova Deli, 1993. 31p.
- C mount. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/C\\_mount](http://en.wikipedia.org/wiki/C_mount)>. Acesso em: Mar. 2014. Figura em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:C\\_mount\\_lens\\_Pentax\\_12mm\\_f1.2.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:C_mount_lens_Pentax_12mm_f1.2.jpg)>, autor: Hustvedt
- CAMARGO Corrêa, grupo. História 1990-1999. Disponível em: <<http://www.camargocorrea.com.br/grupo-camargo-correa/grupo/historia/historia-1990-1999.html>>. Acesso em: jun. 2015.
- CAMERA obscura. In: Werner Nekes, 2012. Disponível em: <[http://wernernekes.de/00\\_cms/cms/front\\_content.php?idart=506](http://wernernekes.de/00_cms/cms/front_content.php?idart=506)>. Acesso em: June 2012.
- CAMERA obscura. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Camera\\_obscura](http://en.wikipedia.org/wiki/Camera_obscura)>. Acesso em: June 2012. Figura disponível em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/File:IMG\\_1650\\_zonsverduistering\\_Malta.JPG](https://en.wikipedia.org/wiki/File:IMG_1650_zonsverduistering_Malta.JPG)>, Autor: usuário Ellywa em Wikimedia Commons.
- CAMERAS vs. the Human Eye. **Cambridge in Colour - A Learning Community for Photographers**, 2014. Disponível em: <<http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/cameras-vs-human-eye.htm>>. Acesso em: Feb. 2014.
- CARAVAGGIO. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Caravaggio>>. Acesso em: June 2012.
- CARTE de Visite. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Carte\\_de\\_visite](http://en.wikipedia.org/wiki/Carte_de_visite)>. Acesso em: Sep. 2012.
- CASIO. **June 1983: Release of the TV-10, a pocket-sized LCD TV**. Casio Computer Co., Ltd., 2013. Disponível em: <<http://world.casio.com/corporate/history/chapter02/contents07/>>. Acesso em: Apr. 2013.
- CATHODE Ray. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Cathode\\_ray](http://en.wikipedia.org/wiki/Cathode_ray)>. Acesso em: Dec. 2012.
- CATHODE Ray Tube. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Cathode\\_ray\\_tube](http://en.wikipedia.org/wiki/Cathode_ray_tube)>. Acesso em: Dec. 2012.
- CCD. In: BRITANNICA Online, 2013. Disponível em: <<http://global.britannica.com/EBchecked/topic/106410/CCD>>. Acesso em: Feb. 2013.
- CCD. In: JAMKO, 2012. Disponível em: <<http://www.jamkocorp.com/knowledge/technology/ccd/>>. Acesso em: Feb. 2013.
- CCTV. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Closed-circuit\\_television](http://en.wikipedia.org/wiki/Closed-circuit_television)>. Acesso em: June 2012.
- CCTV Information. **Light Transmission Through Lenses**, 2009. Disponível em: <[http://www.cctv-information.co.uk/i/Light\\_Transmission\\_Through\\_Lenses](http://www.cctv-information.co.uk/i/Light_Transmission_Through_Lenses)>. Acesso em: Jun. 2015
- CFTV. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2012. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/CFTV>>. Acesso em: jun. 2012.
- CHARGE-coupled device. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Charge-coupled\\_device](http://en.wikipedia.org/wiki/Charge-coupled_device)>. Acesso em: Feb. 2013.
- CHARLES Francis Jenkins. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Charles\\_Francis\\_Jenkins](http://en.wikipedia.org/wiki/Charles_Francis_Jenkins)>. Acesso em: Oct. 2012.
- CHARLES Wheatstone. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Charles\\_Wheatstone](http://en.wikipedia.org/wiki/Charles_Wheatstone)>. Acesso em: Feb. 2014.
- CHARLES-ÉMILE Reynaud. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Charles-%C3%89mile\\_Reynaud](http://en.wikipedia.org/wiki/Charles-%C3%89mile_Reynaud)>. Acesso em: June 2012.
- CHARLES-FRANÇOIS Tiphaigne de La Roche. In: WIKIPEDIA L'encyclopédie Libre, 2012. Disponível em: <[http://fr.wikipedia.org/wiki/Charles-Fran%C3%A7ois\\_Tiphaigne\\_de\\_La\\_Roche](http://fr.wikipedia.org/wiki/Charles-Fran%C3%A7ois_Tiphaigne_de_La_Roche)>. Acesso em: juin. 2012.

- CHARLES-VICTOR Mauguin. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Charles-Victor\\_Mauguin](http://en.wikipedia.org/wiki/Charles-Victor_Mauguin)>. Acesso em: Jan. 2014.
- CHIAROSCURO. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2012. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Chiaroscuro>>. Acesso em: jun. 2012.
- CHINA'S next 90 minutes. **Magic Dumpling Entertainment**, Pequim, 2011. Disponível em: <<http://magicdumpling.wordpress.com/tag/ting-huan/>> Acesso: June 2012.
- CHRISTIAAN Huygens. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Christiaan\\_Huygens](http://en.wikipedia.org/wiki/Christiaan_Huygens)>. Acesso em: June 2012.
- CHRONOPHOTOGRAPHY. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Chronophotography>>. Acesso em: Oct. 2012.
- CINEMATOGRAF. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Cin%C3%A9matographe>>. Acesso em: Oct. 2012.
- CLOSED-CIRCUIT television. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Closed-circuit\\_television](http://en.wikipedia.org/wiki/Closed-circuit_television)>. Acesso em: Feb. 2014.
- CLOUD computing. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud\\_computing](http://en.wikipedia.org/wiki/Cloud_computing)>. Acesso em: Jan. 2014.
- CMOS. In: JAMKO, 2012. Disponível em: <<http://www.jamkocorp.com/knowledge/technology/cmos/>>. Acesso em: Feb. 2013.
- CNET. **Western Digital 14TB hard drive sets storage record**. Disponível em: <<https://www.cnet.com/news/western-digital-14tb-hard-drive-sets-storage-record/>>. Acesso em: Mar. 2018.
- COBERTURA da Televisão Digital no Brasil em Números. **Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL**, 2012.
- COHEN, N.; GATTUSO, J.; MACLENNAN-BROWN, K. **CCTV Operational Requirements Manual**. Home Office Scientific Development Branch. St Albans, Reino Unido, 2009, 62p.
- COLD Cathode. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/CCFL>>. Acesso em: June 2013.
- COLOR. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Color>>. Acesso em: Jan. 2013.
- COLOR Television. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Color\\_television](http://en.wikipedia.org/wiki/Color_television)>. Acesso em: Jan. 2013.
- COMMUNICATION Satellite. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Communication\\_satellite](http://en.wikipedia.org/wiki/Communication_satellite)>. Acesso em: Jan. 2013.
- COMPANHIA de Engenharia de Tráfego. **Ata de Registro de Preços: Câmeras para Circuito Fechado de Televisão – Termo de Referência e Especificações Técnicas**, Rev. 2.1. São Paulo, 2014. 37p.
- COMPANHIA de Engenharia de Tráfego. **Centro Integrado de Monitoramento Urbano – CIMU – Termo de Referência e Especificações Técnicas**, Rev. 5.0. São Paulo, 2014. 82p.
- COMPANHIA de Engenharia de Tráfego. **Especificação técnica de infraestrutura de rede de CFTV digital no Centro de Controle**, Rev. 1.1. São Paulo, set. 2014. 24p.
- COMPANHIA de Engenharia de Tráfego. **Polos Geradores e Certidão de Diretrizes**. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/consultas/polos-geradores-e-certidao-de-diretrizes/legislacao-vigente.aspx>>. Acesso em: jul. 2015.
- CONLY, Robert Leslie; LESSING, Erich. Modern Miracle, Made in Germany. **The National Geographic Magazine**, Washington, EUA, Vol. CXV, No. 6, p. 742-745, June 1959.
- CONSELHO Nacional de Trânsito – CONTRAN; Resolução nº 231/2007.
- CONSELHO Nacional de Trânsito – CONTRAN; Resolução nº 241/2007.
- CONSELHO Nacional de Trânsito – CONTRAN; Resolução nº 729/2018 – nova redação.
- CONSTANTIN Perskyi. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Constantin\\_Perskyi](http://en.wikipedia.org/wiki/Constantin_Perskyi)>. Acesso em: Dec. 2012.
- CONTEST: Because Security Cameras Won't Destroy Themselves. **Earth First! Journal**. Disponível em: <<http://earthfirstjournal.org/newswire/2013/02/26/contest-because-security-cameras-wont-destroy-themselves/>>. Acesso em: Mar. 2014.
- CROOKES Tube. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Crookes\\_tube](http://en.wikipedia.org/wiki/Crookes_tube)>. Acesso em: Dec. 2012. Figura em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/File:Crookes\\_tube\\_two\\_views.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Crookes_tube_two_views.jpg)> Autor: D-Kuru.
- DATA storage device. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_storage](http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_storage)>. Acesso em: Jan. 2014.
- DAVID Sarnoff In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/David\\_Sarnoff](http://en.wikipedia.org/wiki/David_Sarnoff)>. Acesso em: Apr. 2013.
- DEMETRIO, Amanda. RedeTV! passa a transmitir programas em 3D. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 23 maio 2010. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/tec/739663-redetv-passa-a-transmitir-programas-em-3d.shtml>>. Acesso em: fev. 2014.

DEPARTAMENTO Nacional de Tránsito – DENATRAN; FUNDAÇÃO Getúlio Vargas. **Manual de procedimentos para o tratamento de pólos geradores de tráfego**. Brasília, 2001. 81p.

DESENHO Animado. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2012. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Desenho\\_animado](http://pt.wikipedia.org/wiki/Desenho_animado)>. Acesso em: jun. 2012.

DESIMPEL, Chris. **How can we build a display with liquid crystals?** - Liquid Crystals and Photonics Group, department of Electronics and Information Systems (ELIS) at the Faculty of Engineering of the Ghent University, Bélgica. Disponível em: <<http://lcp.elis.ugent.be/tutorials/lc/lc3>>. Acesso em: Mar. 2013.

DESIMPEL, Chris. **What are liquid crystals?** - Liquid Crystals and Photonics Group, department of Electronics and Information Systems (ELIS) at the Faculty of Engineering of the Ghent University, Bélgica. Disponível em: <<http://lcp.elis.ugent.be/tutorials/lc/lc1>>. Acesso em: Mar. 2013.

DIAPHRAGM (optics). In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Diaphragm\\_\(optics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Diaphragm_(optics))>. Acesso em: Apr. 2014.

DIÁRIOS Associados. Portal institucional da empresa. Disponível em: <<http://www.diariosassociados.com.br>>. Acesso em: fev. 2014.

DIGIFORT IP Surveillance Systems. Catálogo de divulgação, 2014. Disponível em: <<http://digifort.com.br/documentations/documentation/brc-digifort-v620-ptbr.pdf>>

DIGIFORT Pty Ltd. **License Plate Recognition: About Digifort LPR System**, 2011. Disponível em: <[http://www.digifortcommunity.com/uploads/3/DIGIFORT\\_LPR\\_-\\_AUTOMATIC\\_LICENSE\\_PLATE\\_RECOGNITION.pdf](http://www.digifortcommunity.com/uploads/3/DIGIFORT_LPR_-_AUTOMATIC_LICENSE_PLATE_RECOGNITION.pdf)>. Acesso em: Oct. 2014.

DIGITAL television transition. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Digital\\_TV\\_transition](http://en.wikipedia.org/wiki/Digital_TV_transition)>. Acesso em: Jan. 2014.

DIJKSTRA, Henk. **The last CRT factory in Europe**. The Cathode Ray Tube site, 2012. Disponível em: <<http://www.crtsite.com/page3-2.html>>. Acesso em: Jan. 2013.

DISPLAY Resolution. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Display\\_resolution](http://en.wikipedia.org/wiki/Display_resolution)>. Acesso em: Feb. 2014.

DISPLAY Size. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Display\\_size](http://en.wikipedia.org/wiki/Display_size)>. Acesso em: Feb. 2014.

DNA digital data storage. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/DNA\\_digital\\_data\\_storage](http://en.wikipedia.org/wiki/DNA_digital_data_storage)>. Acesso em: Jan. 2014.

DONOHUE, John. **Introductory Review of Target Discrimination Criteria**. Relatório para a Dynamics Research Corporation, Wilmington, EUA, Dec. 1991. 30p.

DOROTHEA Lange. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2018. Disponível em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Dorothea\\_Lange](https://en.wikipedia.org/wiki/Dorothea_Lange)>. Acesso em: Sep. 2018.

DYNAMIC Range. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic\\_range](http://en.wikipedia.org/wiki/Dynamic_range)>. Acesso em: Jun. 2014.

DYNAMIC range in digital photography. **Cambridge in Colour - A Learning Community for Photographers**, 2014. Disponível em: <<http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/dynamic-range.htm>>. Acesso em: Jun. 2014.

DVB-T. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/DVB-T>>. Acesso em: Jan. 2014.

EADWEARD Muybridge. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Eadweard\\_Muybridge](http://en.wikipedia.org/wiki/Eadweard_Muybridge)>. Acesso em: Sep. 2012.

ECLIPSE solar de 29 de maio de 1919. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2012. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Eclipse\\_solar\\_de\\_29\\_de\\_mairo\\_de\\_1919](http://pt.wikipedia.org/wiki/Eclipse_solar_de_29_de_mairo_de_1919)>. Acesso em: set. 2012.

EDWIN Powell Hubble. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2012. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Edwin\\_Powell\\_Hubble](http://pt.wikipedia.org/wiki/Edwin_Powell_Hubble)>. Acesso em: set. 2012.

EGYPTMOTIONSERIES.JPG. Jornal **Hufvudstadsbladet**, Helsinki, Finlândia, jan. 1972. Figura disponível em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Egyptmotionseries.jpg>>. Acesso em: jan. 2014.

EMBLEMA Espais Audiovisuais. **Museu de la Valltorta**, 2012. Disponível em: <[http://www.emblemma.com/?post\\_type=portfolio&p=1070](http://www.emblemma.com/?post_type=portfolio&p=1070)>. Acesso em: jun. 2012. Foto disponível em: <<http://www.emblemma.com/wp-content/uploads/2011/12/Museu-Valltorta06.jpg>>.

EMISSION theory (vision). In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Emission\\_theory\\_\(vision\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Emission_theory_(vision))>. Acesso em: Jan. 2014.

EMPEDOCLES. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Empedocles>>. Acesso em: Jan. 2014.

EN 62262. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/EN\\_62262](http://en.wikipedia.org/wiki/EN_62262)>. Acesso em: Oct. 2014.

ENRICO Caruso. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Enrico\\_Caruso](http://en.wikipedia.org/wiki/Enrico_Caruso)>. Acesso em: Jan. 2013.

ESPAÑA es Cultura. Portal do Ministério da Educação, Cultura e Esporte da Espanha, 2012. Disponível em: <[http://www.spainisculture.com/en/monumentos/castellon/cova\\_dels\\_cavalls\\_de\\_valltorta.html](http://www.spainisculture.com/en/monumentos/castellon/cova_dels_cavalls_de_valltorta.html)>. Acesso em: jun. 2012.

ÉTIENNE-Jules Marey. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/%C3%89tienne-Jules\\_Marey](http://en.wikipedia.org/wiki/%C3%89tienne-Jules_Marey)>. Acesso em: Sep. 2012.

EUA e Brasil: TV em cores tem duas formas de transmissão. In: **Superinteressante**, fev. 1996. Disponível em: <<http://super.abril.com.br/cotidiano/eua-brasil-tv-cores-tem-duas-formas-transmissao-436391.shtml>>. Acesso em: jan. 2013.

EUCLIDES. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2012. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Euclides>>. Acesso em: jun. 2012.

EVENTOS, Obras e Serviços: como obter autorização. **Companhia de Engenharia de Tráfego – CET**. Disponível em: <<http://www.cetsp.com.br/consultas/eventos,-obras-e-servicos-como-obter-autorizacao/obras-e-servicos.aspx>>. Acesso em: mar. 2014.

EXISTEM 22 mil babás eletrônicas e webcams vulneráveis a hacker só na MWC. **UOL Notícias – Tecnologia**, fev, 2017. Disponível em: <<https://tecnologia.uol.com.br/noticias/redacao/2017/02/28/existem-22-mil-baba-eletronicas-e-webcams-vulneraveis-a-hacker-so-na-mwc.htm>>. Acesso em: abr. 2018.

EYEVIS supplies huge video wall for Munich Traffic Management Centre. **Initiative Mittelstand**. Disponível em: <<http://www.imittelstand.de/themen/presse.html?boxid=521180>>. Acesso em: Mar. 2014.

F-NUMBER. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/F-number>>. Acesso em: Apr. 2014.

FABRICIUS, Karl. The Anatomy of an Explosion. In: **Environmental Graffiti**, 2010. Disponível em: <<http://www.environmentalgraffiti.com/physics/news-anatomy-explosion>>. Acesso em: Sep. 2012.

FACEBOOK Reports Fourth Quarter and Full Year 2013 Results. **Facebook, Inc.**, Jan. 29, 2014. Disponível em: <[http://files.shareholder.com/downloads/AMDA-NJ5DZ/3036732588x0x721840/bb63d5cf-08a3-4c2a-8f22-2d99963b94e4/FB\\_News\\_2014\\_1\\_29\\_Financial\\_Releases.pdf](http://files.shareholder.com/downloads/AMDA-NJ5DZ/3036732588x0x721840/bb63d5cf-08a3-4c2a-8f22-2d99963b94e4/FB_News_2014_1_29_Financial_Releases.pdf)>. Acesso em: Mar. 2014.

FANTASMAGORIE. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2012. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Fantasmagorie>>. Acesso em: jun. 2012.

FARNSWORTH'S Image Dissector. IEEE Global History Network. Disponível em: <[http://www.ieeehgn.org/wiki/index.php/Farnsworth%27s\\_Image\\_Dissector](http://www.ieeehgn.org/wiki/index.php/Farnsworth%27s_Image_Dissector)>. Acesso em: Dec. 2012.

FIRST Photograph, The. Laputan Logic. 2003. Disponível em: <<http://www.laputanlogic.com/articles/2003/11/12-0002.html>> Acesso: July 2012.

FLASH memory. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Flash\\_memory](http://en.wikipedia.org/wiki/Flash_memory)>. Acesso em: Jan. 2014.

FLOPPY disk . In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Floppy>>. Acesso em: Jan. 2014. Figura em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Floppy\\_disk\\_2009\\_G1.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Floppy_disk_2009_G1.jpg)>, autor: George Chernilevsky

FLORENCE, Hercule (1804-1879). In: Enciclopédia Itaú Cultural: Artes Visuais, 2005. Disponível em: <[http://www.itaucultural.org.br/aplicexternas/enciclopedia\\_ic/index.cfm?fuseaction=artistas\\_biografia&cd\\_verbete=2048&cd\\_item=2&cd\\_idioma=28555](http://www.itaucultural.org.br/aplicexternas/enciclopedia_ic/index.cfm?fuseaction=artistas_biografia&cd_verbete=2048&cd_item=2&cd_idioma=28555)>. Acesso em: set. 2012. Apud: MONTEIRO, Salvador (org.), KAZ, Leonel (org.). *Expedição Langsdorff ao Brasil, 1821-1829*: Rugendas, Taunay, Florence. Rio de Janeiro: Alumbramento: Livroarte, 1998. p. 360.

FOCAL length. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Focal\\_length](http://en.wikipedia.org/wiki/Focal_length)>. Acesso em: Apr. 2014.

FOLDING Camera. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Folding\\_camera](http://en.wikipedia.org/wiki/Folding_camera)>. Acesso em: June 2012. Figura Câmera de Fole em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Foldingcam.jpg>>.

FOSTER, Walter T. Preston Blair's Walk Cycles #1, c. 1950. **Centre for Animation & Interactive Media**. Disponível em: <[http://minyos.its.rmit.edu.au/aim/a\\_notes/walk\\_reference\\_01.html](http://minyos.its.rmit.edu.au/aim/a_notes/walk_reference_01.html)>. Acesso em: June 2012. Figura em: <[http://www.angryanimator.com/pic/blair\\_walk\\_00.png](http://www.angryanimator.com/pic/blair_walk_00.png)>

FOURTH Amendment to the United States Constitution. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Fourth\\_Amendment\\_to\\_the\\_United\\_States\\_Constitution](http://en.wikipedia.org/wiki/Fourth_Amendment_to_the_United_States_Constitution)>. Acesso em: Mar. 2014.

FREDERICK Scott Archer. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Frederick\\_Scott\\_Archer](http://en.wikipedia.org/wiki/Frederick_Scott_Archer)>. Acesso em: Aug. 2012.

FUJIFILM. **Manual de Instruções Câmera Digital Finepix F600EXR**. São Paulo, SP, 2013. 131 p.

FURTADO, Gabriel de Abreu. Iluminação Mínima em Câmeras de Monitoramento. Revista **Digital Security**, No. 13, pg. 52-53. Set. 2012.

FURUKAWA Electric Co. Ltd. Catálogo **Cabos Ópticos Furukawa**. 2003. 38p.

O FUTURO colorido. Revista **Veja**. Ed. Abril, São Paulo, p. 63. 8 jul. 1970.

GAGVANI, Nik. Introduction to video analytics. **EE Times**, 2008. Disponível em: <[http://www.eetimes.com/document.asp?doc\\_id=1273834](http://www.eetimes.com/document.asp?doc_id=1273834)>. Acesso em: Sep. 2014.

GALEN. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Galen>>. Acesso em: Jan. 2014.

GALILEO Galilei. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Galileo\\_Galilei](http://en.wikipedia.org/wiki/Galileo_Galilei)>. Acesso em: Jan. 2013.

GALILEO Galilei: Galileo's telescope [2]. **Museo Galileo: Istituto e Museo di Storia della Scienza**. Pisa, Itália, 2012. Disponível em: <<http://www.imss.fi.it/news/cielimedice/01/strumento3.html>> <<http://www.museogalileo.it/en/index.html>>. Acesso em: gen. 2013.

- GEORGE Eastman. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/George\\_Eastman](http://en.wikipedia.org/wiki/George_Eastman)>. Acesso em: Sep. 2012.
- GESTALT Psychology. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Gestalt\\_psychology](http://en.wikipedia.org/wiki/Gestalt_psychology)>. Acesso em: June 2012.
- GIAMBATTISTA della Porta. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Della\\_Porta](http://en.wikipedia.org/wiki/Della_Porta)>. Acesso em: June 2012.
- GIPHANTIE. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Giphantie>>. Acesso em: June 2012.
- GLASSES. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Glasses>>. Acesso em: Jan. 2013.
- GLOBO se torna a segunda maior emissora de TV do mundo. **Portal Comunique-se**. 10 maio 2012. Disponível em: <<http://portal.comuniquese.com.br/index.php/comunicacao/68574-globo-se-torna-a-segunda-maior-emissora-de-tv-do-mundo>>. Acesso em: fev. 2014.
- GLOSSARY of Digital Photography Terms. Site **Photoxels**. Disponível em: <<http://www.photoxels.com/glossary.html>>. Acesso em: Sep. 2014.
- GOVERNO adia prazo para desligamento do sinal analógico. **Site Oficial da TV Digital Brasileira**. 6 ago. 2013. Disponível em: <<http://www.dtv.org.br/governo-adia-prazo-para-desligamento-do-sinal-analogico>>. Acesso em: fev. 2014.
- GRUNDY, Susan. **Caravaggio and the camera obscura**. Art Optics. Disponível em: <<http://www.webexhibits.org/hockneyoptics/post/grundy7.html>>. Acesso em: June 2012.
- GUGLIELMO Marconi. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2012. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Guglielmo\\_Marconi](http://pt.wikipedia.org/wiki/Guglielmo_Marconi)>. Acesso em: out. 2012.
- GUIA de Aquisição de Sistemas Eletrônicos de Segurança. Associação Brasileira das Empresas de Sistemas Eletrônicos de Segurança – ABESE. 2013.
- HANS Lippershey. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Hans\\_Lippershey](http://en.wikipedia.org/wiki/Hans_Lippershey)>. Acesso em: Jan. 2013.
- HARD disk drive. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Hard\\_disk\\_drive](http://en.wikipedia.org/wiki/Hard_disk_drive)>. Acesso em: Jan. 2014.
- HEAD-up display. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Head-up\\_display](https://en.wikipedia.org/wiki/Head-up_display)>. Acesso em: Jan. 2014. Figura em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/File:C-130J\\_Co\\_Pilot%27s\\_Head-up\\_display.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:C-130J_Co_Pilot%27s_Head-up_display.jpg)>.
- HEALTH and Safety Executive. **Work with display screen equipment** - Health and Safety (Display Screen Equipment) Regulations 1992 as amended by the Health and Safety (Miscellaneous Amendments) Regulations 2002. 68p.
- HÉRCULES Florence. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Hercules\\_Florence](http://en.wikipedia.org/wiki/Hercules_Florence)>. Acesso em: June 2012.
- HERCULES Graphics Card. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Hercules\\_Graphics\\_Card](http://en.wikipedia.org/wiki/Hercules_Graphics_Card)>. Acesso em: Mar. 2013.
- HEYMANN, Gisela. Irmãos Lumière. Luzes, câmera, ação. In: **Superinteressante: Perfil**, dez. 1991. Disponível em: <<http://super.abril.com.br/tecnologia/irmaos-lumiere-invencao-cinematografo-luzes-camera-acao-440080.shtml>>. Acesso em: out. 2012.
- HILBERT, Martin. How Much Information is There in the "Information Society"? Revista **Significance Magazine**, Volume 9 Issue 4. Aug. 2009. Royal Statistical Society e American Statistical Association.
- HISTÓRIA da fotografia. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2012. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria\\_da\\_fotografia](http://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria_da_fotografia)>. Acesso em: jun. 2012.
- HISTÓRIA da televisão no Brasil. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2014. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria\\_da\\_televis%C3%A3o\\_no\\_Brasil](http://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria_da_televis%C3%A3o_no_Brasil)>. Acesso em: fev. 2014.
- HISTÓRIA do Pré-Cinema: out. 2009. Disponível em: <<http://precinema.wordpress.com/>>. Acesso em: jun. 2012.
- HISTORY of film. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_film](http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_film)>. Acesso em: June 2012.
- HISTORY of hard disk drives. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_hard\\_disk\\_drives](http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_hard_disk_drives)>. Acesso em: Jan. 2014. Figura em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IBM\\_350\\_RAMAC.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:IBM_350_RAMAC.jpg)>, autor: vnunet.com.
- HISTORY of photography. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_photography](http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_photography)>. Acesso em: June 2012.
- HISTORY of Photography Archive, The. Timeline, 2012. Disponível em: <[http://www.photohistorytimeline.com/?page\\_id=52](http://www.photohistorytimeline.com/?page_id=52)>. Acesso em: July 2012
- HISTORY of photographic lens design. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_photographic\\_lens\\_design](http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_photographic_lens_design)>. Acesso em: Jan. 2013.

- HISTORY of television. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/History\\_of\\_television](http://en.wikipedia.org/wiki/History_of_television)>. Acesso em: Nov. 2012.
- HOFFMAN, Paul. **Asas da Loucura: A Extraordinária Vida de Santos-Dumont**. Tradução: Marisa Motta. Rio de Janeiro: Objetiva, 2004. p. 170-174.
- HOLOGRAPHIC data storage. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Holographic\\_memory](http://en.wikipedia.org/wiki/Holographic_memory)>. Acesso em: June 2012.
- HOUAISS Eletrônico. Dicionário digital, 2009. Editora Objetiva Ltda.
- HOW we are being watched. **BBC News**: 3 Nov. 2006. Disponível em: <[http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk\\_news/6110866.stm](http://news.bbc.co.uk/2/hi/uk_news/6110866.stm)>. Acesso em: Mar. 2014.
- IEEE 802.11. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE\\_802.11](http://en.wikipedia.org/wiki/IEEE_802.11)>. Acesso em: Sep. 2014.
- ILUMINAMENTO. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2014. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Iluminamento>>. Acesso em: mar. 2014.
- IMAGE resolution. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Image\\_resolution](http://en.wikipedia.org/wiki/Image_resolution)>. Acesso em: Aug. 2014.
- IMAGSA The Innovative View. **10 Tips For Best Free-Flow ANPR Deployment**. 6p.
- INDICADORES 2012. Números do Setor de TV por assinatura. **Agência Nacional de Telecomunicações – ANATEL**. 2013.
- INNOWARE. **InnoEdge User Manual**, 2014. 9p.
- IP CCTV Solutions. **Radio**. Site global da Comfort Zone, 2011. Disponível em: <<http://www.ipcctv-solutions.com/Solutions/Technology/Transmission/radio.htm>>. Acesso em: Sep. 2014.
- IP CCTV Solutions. **Record**. Site global da Comfort Zone, 2011. Disponível em: <<http://www.ipcctv-solutions.com/Solutions/Technology/Record/index.htm>>. Acesso em: Nov. 2014.
- IP Code. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/IP\\_Code](http://en.wikipedia.org/wiki/IP_Code)>. Acesso em: Oct. 2014.
- IPCONFIGURE. **Embedded License Plate Recognition**. Norfolk, EUA, 2013. 26p.
- ISAAC Newton. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2012. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Isaac\\_Newton](http://pt.wikipedia.org/wiki/Isaac_Newton)>. Acesso em: jun. 2012. Figura de prisma disponível em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/File:Dispersive\\_Prism\\_Illustration.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Dispersive_Prism_Illustration.jpg)>, Autor: Spigget.
- ISDB. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/ISDB-T>>. Acesso em: Jan. 2014. Figura em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Digital\\_terrestrial\\_television\\_standards.svg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Digital_terrestrial_television_standards.svg)>.
- ISDB-T International. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/ISDB-T\\_International](http://en.wikipedia.org/wiki/ISDB-T_International)>. Acesso em: Jan. 2014.
- J. J. Thomson. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/J.\\_J.\\_Thomson](http://en.wikipedia.org/wiki/J._J._Thomson)>. Acesso em: Dec. 2012.
- JACOB Riis. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2018. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Jacob\\_Riis](http://en.wikipedia.org/wiki/Jacob_Riis)>. Acesso em: Mar. 2018.
- JAMKO Technical Solutions, Inc. 2012. Disponível em: <<http://www.jamkocorp.com>>. Página: **Lenses: Knowledge Base** > Technology. 2012. Disponível em: <<http://www.jamkocorp.com/knowledge/technology/lenses/>>. Acesso em: Jan. 2013.
- JAPANESE Device Uses Laser Plasma to Display 3D Images in the Air. In: **Science X**, Feb. 2006. Disponível em: <<https://phys.org/news/2006-02-japanese-device-laser-plasma-3d.html>>. Acesso em: Fev. 2014. Figura em: <<https://3c1703fe8d.site.internapcdn.net/newman/psz/news/800/2006/2-fig1.jpg>>, autor: National Institute of Advanced Industrial Science and Technology (AIST)
- JOHN Logie Baird. **BBC – Primary History: Famous People**, 2012. Disponível em: <[http://www.bbc.co.uk/schools/primaryhistory/famouspeople/john\\_logie\\_baird/](http://www.bbc.co.uk/schools/primaryhistory/famouspeople/john_logie_baird/)>. Acesso em: Nov. 2012.
- JOHN Logie Baird. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/John\\_Logie\\_Baird](http://en.wikipedia.org/wiki/John_Logie_Baird)>. Acesso em: Nov. 2012.
- JOHNSON, John. Analysis of image forming systems. In: **Image Intensifier Symposium**, U.S. Army Engineer Research and Development Laboratories Corps of Engineers. Fort Belvoir, EUA. Oct. 1958. p. 249-273.
- JOHNSON'S Criteria. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Johnson%27s\\_criteria](http://en.wikipedia.org/wiki/Johnson%27s_criteria)>. Acesso em: Oct. 2014.
- JOSEPH Plateau. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph\\_Plateau](http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Plateau)>. Acesso em: June 2012.
- KARLSPLATZ (Stachus). In: WIKIPEDIA Die Freie Enzyklopädie, 2012. Disponível em: <<http://de.wikipedia.org/wiki/Stachus>>. Acesso em: juni 2012.
- KENJIRO Takayanagi. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Kenjiro\\_Takayanagi](http://en.wikipedia.org/wiki/Kenjiro_Takayanagi)>. Acesso em: Dec. 2012.

- KENJIRO Takayanagi: The Father of Japanese Television. **The Evolution of TV: A Brief History of TV Technology in Japan**. NHK (Japan Broadcasting Corporation), 2002. Disponível em: <<http://www.nhk.or.jp/str/aboutstr/evolution-of-tv-en/p05/>>. Acesso em: Dec. 2012.
- KEVAL, Hina Uttam. **Effective, Design, Configuration, and Use of Digital CCTV**. Tese de doutorado para o Departamento de Ciência da Computação da University College London. Londres, 2008.
- KINETOSCOPE. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Kinetograph>>. Acesso em: Oct. 2012.
- KING Kong (1933 FILM). In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/King\\_Kong\\_\(1933\\_film\)](http://en.wikipedia.org/wiki/King_Kong_(1933_film))>. Acesso em: June 2012.
- KINGTON, Tom. Was Caravaggio the first photographer? **The Guardian**, versão online, Roma/Londres, 11 Mar. 2009. Disponível em: <<http://www.guardian.co.uk/artanddesign/2009/mar/11/caravaggio-art-studio-photography-first#>>. Acesso em: June 2012.
- KODAK. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Eastman\\_Kodak](http://en.wikipedia.org/wiki/Eastman_Kodak)>. Acesso em: Sep. 2012.
- KUN, Attila. **Camera Controls - Learn the Basics of Your Digital SLR Camera**. In: Exposure Guide, July 2012. Disponível em: <<https://www.exposureguide.com/camera-controls/>>. Acesso em: Feb. 2012. Figura em: <<https://www.exposureguide.com/media/image-sensors.jpg?x51595>>.
- KYOCERA Industrial Ceramics Corporation. **Liquid Crystal Display Products > Notes > Films and Layers**. Disponível em: <<http://americas.kyocera.com/kicc/lcd/notes/filmlayers.html>>. Acesso em: Mar. 2013.
- LANGE, André. Charles-François Tiphaigne De La Roche, Giphantie, 1760. **Histoire de La Television**, tradução do autor. Jan. 2002. Disponível em: <<http://histv2.free.fr/litterature/tiphaigne.htm>>. Acesso em: Oct. 2012.
- LANGE, André. **Histoire de La Television**. Oct. 1999. Disponível em: <<http://histv2.free.fr/>>. Acesso em: Oct. 2012.
- LANGE, André. La contribution d'Adriano de Paiva (1847-1907) à l'histoire de la télévision: l'hypothèse du recours au sélénium. **Histoire de La Television**. Mars 2003. Disponível em: <[http://histv2.free.fr/de\\_paiva/Paiva\\_contribution.htm](http://histv2.free.fr/de_paiva/Paiva_contribution.htm)>. Acesso em: Oct. 2012.
- LANGE, André. La Decouverte des Proprietes Photo-Sensibles du Selenium (1873) a L'origine des Premieres Recherches Sur la Transmission des Images a Distance. **Histoire de La Television**. Fév. 2003. Disponível em: <<http://histv2.free.fr/selenium/selenium.htm>>. Acesso em: Oct. 2012.
- LANGE, André. La Restauration des Premiers Enregistrements de Television Realises entre 1927 et 1935 au Royaume-Uni. **Histoire de La Television**. Jan. 2003. Disponível em: <<http://histv2.free.fr/baird/baird2.htm>>. Acesso em: nov. 2012.
- LANGE, André. Les Ecrivains Racontent le Reve de la Vision a Distance. **Histoire de La Television**. Fév. 2003. Disponível em: <<http://histv2.free.fr/litterature/ecrivains.htm>>. Acesso em: Oct. 2012.
- LANGE, André. Raphael Eduard Liesegang lance le terme "Fernshen". **Histoire de La Television**. Jan. 2003. Disponível em: <<http://histv2.free.fr/liesegang/liesegang.htm>>. Acesso em: jan. 2013
- LASERDISC. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2013. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Laserdisc>>. Acesso em: jan. 2013. Figura em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:LDDVDComparison-mod.png>>.
- LCD Television. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/LCD\\_television](http://en.wikipedia.org/wiki/LCD_television)>. Acesso em: Apr. 2013.
- LG Electronics. Homepage do produto LG G Flex Sprint. Disponível em: <<http://www.lg.com/us/cell-phones/lg-ls995-g-flex>>. Acesso em: Jan. 2014.
- LED-backlit LCD display. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/LED-backlit\\_LCD\\_display](http://en.wikipedia.org/wiki/LED-backlit_LCD_display)>. Acesso em: Nov. 2014.
- LED Display. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/LED\\_display](http://en.wikipedia.org/wiki/LED_display)>. Acesso em: Jan. 2014.
- LEITE, Pedro Dias. O custo do medo. Revista **Veja**. Ed. Abril, São Paulo, seção Holofote. 23 jan. 2013.
- LELAND Stanford. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Leland\\_Stanford](http://en.wikipedia.org/wiki/Leland_Stanford)>. Acesso em: Sep. 2012.
- LENS (Optics). In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Lens\\_\(optics\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Lens_(optics))>. Acesso em: Jan. 2013.
- LENS Guide for CCTV Cameras. **icatcher CCTV - iCode Systems Ltd**, 2011. Disponível em: <<http://www.icode.co.uk/icatcher/help/info/lenses.htm>>. Acesso em: Apr. 2014.
- LÉON Bouly. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/L%C3%A9on\\_Bouly](http://en.wikipedia.org/wiki/L%C3%A9on_Bouly)>. Acesso em: Oct. 2012.
- LESLIE, Mitchell. The Man Who Stopped Time. **Stanford Magazine**, revista online, Stanford, EUA, may/June 2001. Disponível em: <[http://alumni.stanford.edu/get/page/magazine/article/?article\\_id=39117](http://alumni.stanford.edu/get/page/magazine/article/?article_id=39117)>. Acesso em: Sep. 2012.
- LETTERBOXING (filming). In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Letterboxing\\_\(filming\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Letterboxing_(filming))>. Acesso em: Nov. 2014.
- LIENHARD, John H. Marey and Muybridge. In: **Engines of Our Ingenuity**. Disponível em: <<http://www.uh.edu/engines/epi826.htm>> Acesso: Sep. 2012.

- LIGHT-EMITTING Diode. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting\\_diode](http://en.wikipedia.org/wiki/Light-emitting_diode)>. Acesso em: jun. 2013.
- LIMELIGHT (Luz de carbureto). In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Limelight>>. Acesso em: June 2012.
- LINS, Flávio. 1948: O pioneirismo da televisão em Juiz de Fora. **Revista Brasileira de História da Mídia (RBHM)**, v.1, n.2, jul.2012 / dez.2012. Disponível em: <<http://www.unicentro.br/rbhm/ed02/dossie/04.pdf>>. Acesso em: fev. 2014.
- LIQUID Crystal Display. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Lcd>>. Acesso em: Mar. 2013. Figura em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vacuum\\_fluorescent\\_1.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vacuum_fluorescent_1.jpg)>, autor: Atlant.
- LISA-MINGO, Ferran. All for one, one for all. Revista **Thinking Highways**, Londres, v. 4 N. 1, p. 56-58. Apr. 2009.
- LIST of common resolutions. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_common\\_resolutions](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_common_resolutions)>. Acesso em: Feb. 2014.
- LIST of communications satellite firsts. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_communications\\_satellite\\_firsts](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_communications_satellite_firsts)>. Acesso em: Jan. 2013.
- LIST of prolific inventors. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/List\\_of\\_prolific\\_inventors](http://en.wikipedia.org/wiki/List_of_prolific_inventors)>. Acesso em: Oct. 2012.
- LOGIE Baird's London. **View From the Mirror**, 2012. Disponível em: <<https://blackcablondon.net/2012/04/05/logie-bairds-london-part-one/>> e <<https://blackcablondon.net/2012/04/05/logie-bairds-london-part-two/>>. Acesso em: Nov. 2012. Figuras em: <<https://blackcablondon.files.wordpress.com/2012/04/the-first-televiser-built-in-soho.jpg>>; <<https://blackcablondon.files.wordpress.com/2012/04/early-televiser.gif?w=620>>.
- LOUIS Jacques Mandé Daguerre. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Louis\\_Jacques\\_Mand%C3%A9\\_Daguerre](http://pt.wikipedia.org/wiki/Louis_Jacques_Mand%C3%A9_Daguerre)>. Acesso em: June 2012.
- LOUIS Le Prince. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Louis\\_Le\\_Prince](http://en.wikipedia.org/wiki/Louis_Le_Prince)>. Acesso em: Oct. 2012. Figuras em: <<https://en.wikipedia.org/wiki/File:Le-prince-type-16-cine-camera-projector-1886.png>>; <<https://en.wikipedia.org/wiki/File:Le-prince-cameraprojector-type1-mark2-1888.png>>; <<https://en.wikipedia.org/wiki/File:Le-prince-type-1-cine-camera-projector-mk2-1888-interior.png>>.
- LOUIS Le Prince. **The Louis Le Prince Restoration and Appreciation Society**. Disponível em: <<http://www.louisleprince.co.uk/>>. Vídeos restaurados disponíveis em: <<http://www.louisleprince.co.uk/videos/>>. Acesso em: Oct. 2012.
- LUCRETIUS. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Lucretius>>. Acesso em: Jan. 2014.
- LUDWIG van Beethoven. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2013. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Beethoven>>. Acesso em: Jan. 2013.
- MACNISCH, Kevin. Surveillance Ethics. In: Internet Encyclopedia of Philosophy, Disponível em: <<http://www.iep.utm.edu/surv-eth/>>. Acesso em: Mar 2014.
- MAGIC lantern. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Magic\\_lantern](http://en.wikipedia.org/wiki/Magic_lantern)>. Acesso em: June 2012. Figura em: <<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Magic-lantern.jpg>>.
- MALEVAL, Jean-Jacques. **10TB HDDs Possible With Record 1.5bit/Inch<sup>2</sup> Areal Density**. Storage Newsletter, ago. 2012. Disponível em: <<http://www.storagenewsletter.com/rubriques/hard-disk-drives/tdk-heads-showa-platters-hdd/>>. Acesso em: Jan. 2014.
- MANTIS Shrimp. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Mantis\\_shrimp](http://en.wikipedia.org/wiki/Mantis_shrimp)>. Acesso em: Jan. 2013.
- MARK Kryder. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Mark\\_Kryder#Kryder.27s\\_Law](http://en.wikipedia.org/wiki/Mark_Kryder#Kryder.27s_Law)>. Acesso em: Jan. 2014.
- MAURICE Leblanc. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Maurice\\_Leblanc\\_\(engineer\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Maurice_Leblanc_(engineer))>. Acesso em: Jan. 2014.
- MAX Wertheimer. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Max\\_Wertheimer](http://en.wikipedia.org/wiki/Max_Wertheimer)>. Acesso em: June 2012.
- McLEAN, Don. Domestic Recordings - Betty Bolton. **The World's Earliest Television**. Jan. 2007. Disponível em: <[http://www.tvdawn.com/Disc98\\_2.HTM](http://www.tvdawn.com/Disc98_2.HTM)>. Acesso em: Nov. 2012. Figura em: <<http://www.tvdawn.com/earliest-tv/the-marcus-games-discs-1932-35/betty-bolton/>>.
- McLEAN, Don. Early British Television History. **The World's Earliest Television**. Jan. 2007. Disponível em: <<http://www.tvdawn.com/tvhist1.htm#Lecture>>. Acesso em: Nov. 2012.
- McLEAN, Don. **The World's Earliest Television**. Mar. 2006. Disponível em: <<http://www.tvdawn.com/recordng.htm>>. Acesso em: Nov. 2012.
- MECHANICAL television. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Mechanical\\_television](http://en.wikipedia.org/wiki/Mechanical_television)>. Acesso em: Nov. 2012.
- A MEMÓRIA do Brasil Preservada. Blog **Rede Tupi de Televisão**, 7 jul. 2010. Disponível em: <<http://redetupitv.blogspot.com.br>>. Acesso em: fev. 2014.

- MICROSCOPIA confocal. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2012. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Microscopia\\_confocal](http://pt.wikipedia.org/wiki/Microscopia_confocal)>. Acesso em: nov. 2012.
- MIGRANT Mother (foto de Dorothea Lange, 1936). In: 100 PHOTOS, The Most Influential Images of All Time. Revista **Time**, Oct 2016. Disponível em: <<http://100photos.time.com/photos/dorothea-lange-migrant-mother#photograph>>. Acesso em Sep. 2018.
- MILESTONES: Development of Electronic Television, 1924-1941. IEEE Global History Network. Disponível em: <[http://www.ieeeahn.org/wiki/index.php/Milestones:Development\\_of\\_Electronic\\_Television,\\_1924-1941#Development\\_of\\_Electronic\\_Television.2C\\_1924-1941](http://www.ieeeahn.org/wiki/index.php/Milestones:Development_of_Electronic_Television,_1924-1941#Development_of_Electronic_Television.2C_1924-1941)>. Acesso em: Dec. 2012.
- MINISTÉRIO da Aeronáutica. Portaria nº 1.141/GM5, 8 dez. de 1987.
- MIRALHA, Ricardo. Até quanto uma câmera pode enxergar? Revista **Digital Security**, No. 25, pg. 72-74. Set. 2013.
- MIRALHA, Ricardo. Parâmetros de Iluminação Mínima em Câmeras de Videomonitoramento. Revista **Digital Security**, No. 40, pg. 60-62. Dez. 2014.
- MISHKIND, Barry. **The Broadcast Archive**, 2012. Disponível em: <<http://www.olderadio.com/archives/hardware/TV/RCA-TV.htm>>. Acesso em: Jan. 2013.
- MONOCHROME monitor. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Green\\_screen\\_display](http://en.wikipedia.org/wiki/Green_screen_display)>. Acesso em: Mar. 2013.
- MOORE'S Law. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2018. Disponível em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Moore%27s\\_law](https://en.wikipedia.org/wiki/Moore%27s_law)>. Acesso em: Mar. 2018.
- MORAIS, Fernando. **Chatô: O Rei do Brasil, a Vida de Assis Chateaubriand**. São Paulo: Companhia das Letras, 1994. p. 440, 496-505.
- MOST popular social networks worldwide as of April 2018, ranked by number of active users (in millions). **Statista - The Statistics Portal**. Jan, 2018. Disponível em: <<https://www.statista.com/statistics/272014/global-social-networks-ranked-by-number-of-users/>>. Acesso em: jan. 2018.
- MOSTRA destaca pioneirismo de Olavo Bastos Freire. **Secretaria de Comunicação Social da Prefeitura de Juiz de Fora**. 26 set. 2008. Disponível em: <<http://www.pif.mg.gov.br/noticias/view.php?modo=link2&idnoticia2=18274>>. Acesso em: fev. 2014.
- MOTION capture. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Motion\\_capture](http://en.wikipedia.org/wiki/Motion_capture)>. Acesso em: June 2012.
- MOURA, Marco Aurélio C. **Detalhes de Construção da Réplica do Transmissor de Ondas**, 2004. Disponível em: <[http://www.landelldemoura.qsl.br/detalhamento\\_transmissor\\_ondas\\_.htm](http://www.landelldemoura.qsl.br/detalhamento_transmissor_ondas_.htm)>. Acesso em: out. 2012.
- MOURA, Marco Aurélio C. Réplica do transmissor de Landell de Moura. **A Minha Rádio**, 2006. Disponível em: <[http://www.aminharadio.com/radio/landell\\_x](http://www.aminharadio.com/radio/landell_x)>. Acesso em: out. 2012.
- MOVING image pioneer Louis Le Prince remembered. **BBC**: Leeds, Aug. 2010. Disponível em: <[http://news.bbc.co.uk/local/leeds/hi/people\\_and\\_places/newsid\\_8909000/8909911.stm](http://news.bbc.co.uk/local/leeds/hi/people_and_places/newsid_8909000/8909911.stm)>. Acesso em: Oct. 2012.
- MULTI-MODE optical fiber. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Multi-mode\\_optical\\_fiber](http://en.wikipedia.org/wiki/Multi-mode_optical_fiber)>. Acesso em: Sep. 2014.
- MÜNCHEN. In: WIKIPEDIA Die Freie Enzyklopädie, 2012. Disponível em: <<http://de.wikipedia.org/wiki/M%C3%BCnchen>>. Acesso em: juni 2012.
- O MUNDO vem chegando. Revista **Veja**. Ed. Abril, São Paulo, p. 54-58. 5 mar. 1969.
- MUSEÉ Nicéphore Niépce. 2012. Disponível em: <<http://www.museeniepce.com>>. Acesso em: juin. 2012.
- NATIONAL Geographic. **Guia Completo de Fotografia**. Tradução: Ana Ban. São Paulo: Editora Abril, 2008. 300 p.
- NETTO, Luiz. Roberto Landell de Moura. **A Minha Rádio**, 2006. Disponível em: <[http://www.aminharadio.com/radio/biografia\\_landell](http://www.aminharadio.com/radio/biografia_landell)>. Acesso em: out. 2012.
- NETTO, Luiz. **Tributo ao Padre-Cientista Roberto Landell de Moura. 2011**. Disponível em: <[http://www.memoriallandelldemoura.com.br/landell\\_vida\\_obra.html](http://www.memoriallandelldemoura.com.br/landell_vida_obra.html)>. Acesso em: out. 2012.
- NETWORK topology. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Network\\_topology](http://en.wikipedia.org/wiki/Network_topology)>. Acesso em: Sep. 2014.
- NETWORK live IP video cameras directory. In: Insecam.com, 2018. Disponível em: <<http://www.insecam.org/en/>>. Acesso em: mai. 2018.
- NICÉPHORE Niépce. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph\\_Nic%C3%A9phore\\_Ni%C3%A9pce](http://en.wikipedia.org/wiki/Joseph_Nic%C3%A9phore_Ni%C3%A9pce)>. Acesso em: June 2012.
- NICK Ut. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2018. Disponível em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Nick\\_Ut](https://en.wikipedia.org/wiki/Nick_Ut)>. Acesso em: Sep. 2018.
- NIKOLA Tesla. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2012. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Nikola\\_Tesla](http://pt.wikipedia.org/wiki/Nikola_Tesla)>. Acesso em: out. 2012.
- NIMRUD lens. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Nimrud\\_lens](http://en.wikipedia.org/wiki/Nimrud_lens)>. Acesso em: Jan. 2013.
- NIPKOW disk. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Nipkow\\_disk](http://en.wikipedia.org/wiki/Nipkow_disk)>. Acesso em: Nov. 2012.
- NO CCTV. Disponível em: <<http://www.no-cctv.org.uk/action.asp>>. Acesso em: Mar. 2014.

- UM NOVO logo para a Rede Globo. Revista **Época**, 8 maio. 2008. Disponível em: <<http://colunas.revistaepoca.globo.com/fazcaber/2008/05/08/um-novo-logo-para-a-rede-globo/>>. Acesso em: fev. 2014.
- OBTURADOR. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2012. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Obturador>>. Acesso em: set. 2012.
- OLED. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/OLED>>. Acesso em: Jan. 2014. Figuras em: <<https://img.ibxk.com.br/2012/7/materias/71052030931161313.jpg?w=528>>, autor: Architerials e <<https://en.wikipedia.org/wiki/File:AMOLED-en.svg>>, autor: Spoladore.
- OLIVEIRA Sobrinho, José Bonifácio de. **O Livro do Boni**. Rio de Janeiro: Casa da Palavra, 2011. p. 174, 309-311.
- ONVIF - Open Network Video Interface Forum. Disponível em: <<http://www.onvif.org/>>. Acesso em: Nov. 2014.
- ONVIF - Open Network Video Interface Forum. **ONVIF Profile Policy** – Version 2.0, Sep. 2014. Disponível em: <[http://www.onvif.org/Portals/0/documents/op/ONVIF\\_Profile\\_Policy\\_v2-0.pdf](http://www.onvif.org/Portals/0/documents/op/ONVIF_Profile_Policy_v2-0.pdf)>. Acesso em: Nov. 2014.
- ONVIF - Open Network Video Interface Forum. **ONVIF Profile S Specification** – Version 1.0, Dec. 2011. Disponível em: <[http://www.onvif.org/Portals/0/documents/op/20984\\_11763r01ONVIF\\_Members-Profile\\_S\\_Specification.pdf](http://www.onvif.org/Portals/0/documents/op/20984_11763r01ONVIF_Members-Profile_S_Specification.pdf)>. Acesso em: Nov. 2014.
- PAIVA, Adriano de. **A telefonia, a telegraphia e a telescopia**. In: O Instituto - revista científica e literária, XXV ano, Segunda Série, Julho de 1877 a Junho de 1878, nº 9, pp. 414-421, Coimbra, Imprensa da Universidade, mar. 1878. Disponível em: <[http://histv2.free.fr/de\\_paiva/telescopie2.htm](http://histv2.free.fr/de_paiva/telescopie2.htm)>. Acesso em: nov. 2012.
- PAL. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/PAL>>. Acesso em: Jan. 2013.
- PAL-M. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/PAL-M>>. Acesso em: Jan. 2013.
- PANASONIC. **Manual de Instruções Câmera Digital DMC-LZ7 LB-K**. São Paulo, SP, 2007. 112 p.
- PANASONIC Shop. **Câmera HDC-Z10000**. Disponível em: <<http://shop.panasonic.com/shop/model/HDC-Z10000>>. Acesso em Feb. 2014.
- PANOPTICON. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Panopticon>>. Acesso em: Mar. 2014.
- PAUL Gottlieb Nipkow. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Paul\\_Gottlieb\\_Nipkow](http://en.wikipedia.org/wiki/Paul_Gottlieb_Nipkow)>. Acesso em: Nov. 2012.
- PAULISTANO é filmado até quinze vezes no caminho de casa ao trabalho. **Veja São Paulo**, 30 jan. 2013. Disponível em: <<http://vejasp.abril.com.br/materia/cameras-seguranca-sao-paulo>>. Acesso em: mar. 2014.
- PELCO by Schneider Electric. **Sistema de posicionamento Série ES40/ES41**. Especificações do Produto. 2012.
- PERSISTENCE of vision. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Persistence\\_of\\_vision](http://en.wikipedia.org/wiki/Persistence_of_vision)>. Acesso em: June 2012.
- PETER Mark Roget. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Peter\\_Mark\\_Roget](http://en.wikipedia.org/wiki/Peter_Mark_Roget)>. Acesso em: June 2012.
- PHANTOSCOPE. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Phantoscope>>. Acesso em: Oct. 2012.
- PHENAKISTOSCOPE. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Phenakistoscope>>. Acesso em: June 2012. Figura em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Eadweard\\_Muybridge#/media/File:Phenakistoscope\\_3g07690u.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/Eadweard_Muybridge#/media/File:Phenakistoscope_3g07690u.jpg)>.
- PHI phenomenon. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Phi\\_phenomenon](http://en.wikipedia.org/wiki/Phi_phenomenon)>. Acesso em: June 2012. Figura em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Lilac-Chaser.gif>>, autor: Jeremy Hinton
- PHILIPS. **Manual do Usuário LCD Monitor 200Vw9**. São Paulo, SP, 2010. 21 p.
- PHILO Farnsworth. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Philo\\_T.\\_Farnsworth](http://en.wikipedia.org/wiki/Philo_T._Farnsworth)>. Acesso em: Dec. 2012. Figura em: <[https://ethw.org/File:Farnsworth%27s\\_Image\\_Dissector.jpg](https://ethw.org/File:Farnsworth%27s_Image_Dissector.jpg)>.
- PHILO Taylor Farnsworth. In: BRITANNICA Online, 2012. Disponível em: <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/202059/Philo-Taylor-Farnsworth>>. Acesso em: Dec. 2012.
- PHOTOPHONE. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Photophone>>. Acesso em: Oct. 2012.
- PILLARBOX. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Pillarbox>>. Acesso em: Nov. 2014.
- PINHOLE camera. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Pinhole\\_camera](http://en.wikipedia.org/wiki/Pinhole_camera)>. Acesso em: June 2012. Figura em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/File:IMG\\_1650\\_zonsverduistering\\_Malta.JPG](http://en.wikipedia.org/wiki/File:IMG_1650_zonsverduistering_Malta.JPG)>
- PINTURA rupestre. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2012. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Pintura\\_rupestre](http://pt.wikipedia.org/wiki/Pintura_rupestre)>. Acesso em: jun. 2012.
- PLASMA Display. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Plasma\\_display](http://en.wikipedia.org/wiki/Plasma_display)>. Acesso em: Mar. 2013. Figura em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Platovterm1981.jpg>>.
- PLATO. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Plato>>. Acesso em: Jan. 2014.

PESQUISA Nacional por Amostragem de Domicílios Contínua – PNAD Contínua: Acesso à Internet e à televisão e posse de telefone móvel celular para uso pessoal 2016, pp. 1 a 4. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE**, 2018.

PESQUISA Nacional por Amostragem de Domicílios PNAD – Síntese de Indicadores 2009, p. 266. **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE**, 2010.

POLARIZATION (waves). In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Polarization\\_\(waves\)](http://en.wikipedia.org/wiki/Polarization_(waves))>. Acesso em: Mar. 2012.

POLARIZED 3D system. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Polarized\\_3D\\_system](http://en.wikipedia.org/wiki/Polarized_3D_system)>. Acesso em: Feb. 2014.

POLARIZING Filter. In: BRITANNICA Online, 2013. Disponível em: <<http://global.britannica.com/EBchecked/topic/467160/polarizing-filter#>> e <<https://www.britannica.com/technology/polarizing-filter>>. Acesso em: Mar. 2013. Figura em: <<https://cdn.britannica.com/90/96590-050-53B9311D.jpg>>.

POWER over Ethernet. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/PoE>>. Acesso em: Aug. 2014.

PRAXINOSCOPE. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Praxinoscope>>. Acesso em: June 2012.

PRAXINOSCOPE d'Émile Reynaud, Le. **La Nature, Revue des Sciences**, n° 296, page 133, 1879. Figura disponível em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/File:Lanature1879\\_praxinoscope\\_reynaud.png](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Lanature1879_praxinoscope_reynaud.png)>, Acesso em: Juin, 2012.

PRECURSORS of Film. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Precursors\\_of\\_film](http://en.wikipedia.org/wiki/Precursors_of_film)>. Acesso em: July 2012.

PRIME lens. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Prime\\_lens](http://en.wikipedia.org/wiki/Prime_lens)>. Acesso em: Apr. 2014.

PRIMEIRA transmissão ao vivo em HDTV. **Memória Globo**. Disponível em: <<http://memoriaglobo.globo.com/institucional/cronologia/1998/primeira-transmissao-ao-vivo-em-hdtv.htm>>. Acesso em: fev. 2014.

PRIMEIRA transmissão em cores. **Memória Globo**. Disponível em: <<http://memoriaglobo.globo.com/institucional/cronologia/1972/primeira-transmissao-em-cores.htm>>. Acesso em: fev. 2014.

PRIMEIRA Transmissão Via Satélite. **Memória Globo**. Disponível em: <<http://memoriaglobo.globo.com/institucional/cronologia/1969/primeira-transmissao-via-satelite.htm>>. Acesso em: fev. 2014.

PRIVACY. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Privacy>>. Acesso em: Mar. 2014.

PROJECTION Applications. **Optics Balzers**. Disponível em: <<http://www.opticsbalzers.com/en/109/Applications-Projection.htm>>. Acesso em: Nov. 2014.

PROXIM Wireless. **6 Top Reasons Why You Should be Choosing Wireless over Wired Solutions**. Disponível em: <<http://www.proxim.com/solutions/video-surveillance>>. Acesso em: Sep. 2014.

PTOLEMY. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Ptolemy>>. Acesso em: Jan. 2014.

QUEENSLAND Government. **Managing Closed Circuit Television (CCTV) Records – Guideline for Queensland Public Authorities**. Appendix I: Calculation of Storage Requirements. Queensland, Australia, Oct. 2010. 69p.

RADIAÇÃO eletromagnética. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2012. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Onda\\_eletromagn%C3%A9tica#Espectro\\_Eletromagn.C3.A9tico](http://pt.wikipedia.org/wiki/Onda_eletromagn%C3%A9tica#Espectro_Eletromagn.C3.A9tico)>. Acesso em: out. 2012.

RADIOFREQUÊNCIA. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2012. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Radiofrequ%C3%Aancia>>. Acesso em: out. 2012.

RARE Da Vinci Anatomical Drawings Go on Display. In: ATLAS Obscura, 2013. Disponível em: <<https://www.atlasobscura.com/articles/da-vinci-s-anatomical-drawings-on-exhibit>>. Acesso em: Jan. 2014. Figura em: <[https://assets.atlasobscura.com/article\\_images/3048/image](https://assets.atlasobscura.com/article_images/3048/image)>.

REDE Globo. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2014. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Rede\\_Globo](http://pt.wikipedia.org/wiki/Rede_Globo)>. Acesso em: fev. 2014.

REDE Tupi. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2014. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Rede\\_Tupi](http://pt.wikipedia.org/wiki/Rede_Tupi)>. Acesso em: fev. 2014.

REFRACTIVE index. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Refractive\\_index](http://en.wikipedia.org/wiki/Refractive_index)>. Acesso em: Apr. 2014.

REISCH, Michael. **Die Verkehrszentrale München feiert Geburtstag**. Artigo para a Polizei Bayern. Munique, 2008.

RICHARD Leach Maddox. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Richard\\_Leach\\_Maddox](http://en.wikipedia.org/wiki/Richard_Leach_Maddox)>. Acesso em: Aug. 2012.

RITTER, Malcolm. **Your DNA can store information from a million CDs, researchers say**. Artigo para FoxNews.com, Nova York, Jan. 2013. Disponível em: <<http://www.foxnews.com/science/2013/01/23/potential-dna-for-storing-digital/>>. Acesso em: Jan.2014. Figura em: <[https://a57.foxnews.com/static.foxnews.com/foxnews.com/content/uploads/2018/09/1862/1048/3d\\_model\\_DNA\\_w\\_phosphate\\_1.jpg](https://a57.foxnews.com/static.foxnews.com/foxnews.com/content/uploads/2018/09/1862/1048/3d_model_DNA_w_phosphate_1.jpg)>.

ROBERTO Landell de Moura. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2012. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Landell\\_de\\_Moura](http://pt.wikipedia.org/wiki/Landell_de_Moura)>. Acesso em: out. 2012.

- RODA de Genebra. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2012. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Roda\\_de\\_Genebra](http://pt.wikipedia.org/wiki/Roda_de_Genebra)>. Acesso em: out. 2012.
- RODRIGUES, Tarso Paulo. Física: Persistência da visão. **Folha de São Paulo**, São Paulo, 14 ago. 2003. Disponível em: <<http://www1.folha.uol.com.br/folha/educacao/ult305u13406.shtml>>. Acesso em: jun. 2012.
- ROSALIND Franklin. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2018. Disponível em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Rosalind\\_Franklin](https://en.wikipedia.org/wiki/Rosalind_Franklin)>. Acesso em: Sep. 2018.
- ROUNDHAY Garden Scene. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Roundhay\\_Garden\\_Scene](http://en.wikipedia.org/wiki/Roundhay_Garden_Scene)>. Acesso em: Oct. 2012.
- ROYOLE Corporation. **Unfold the next decade - FlexPai = Smartphone + Tablet**. Disponível em: <<http://www.royole.com/us/flexpai>>. Acesso em: Maio 2019.
- RUSSELL A. Kirsch. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Russell\\_Kirsch](http://en.wikipedia.org/wiki/Russell_Kirsch)>. Acesso em: Feb. 2013. Figura em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:NBSFirstScanImage.jpg>>.
- SACONI, Rose. Há 60 anos era inaugurada a TV Tupi, primeira emissora de TV do Brasil. **Arquivo Estado**, Jornal O Estado de São Paulo, São Paulo, 18 set. 2010. Disponível em: <<http://www.estadao.com.br/noticias/arteelazer,ha-60-anos-era-inaugurada-a-tv-tupi-primeira-emissora-de-tv-do-brasil,611809,0.htm>>. Acesso em: Fev 2014.
- SAIBA como proteger a visão e evitar problemas no olho ao longo da vida. **G1: Bem Estar**, set. 2013. Disponível em: <<http://g1.globo.com/bemestar/noticia/2013/09/saiba-como-protoger-visao-e-evitar-problemas-no-olho-ao-longo-da-vida.html>>. Acesso em: out. 2014.
- SALKELD, Luke. The oldest TV set in Britain: Built in 1936.. and it's only had two careful owners. **Mail Online**, Londres, 5 Apr. 2011. Disponível em: <<http://www.dailymail.co.uk/news/article-1372902/The-oldest-working-TV-UK-goes-sale.html#ixzz1oNkY3CRV>>. Acesso em: Dec. 2012. Figuras em <[https://i.dailymail.co.uk/i/pix/2011/04/03/article-1372902-0B75E9380000578-868\\_634x459.jpg](https://i.dailymail.co.uk/i/pix/2011/04/03/article-1372902-0B75E9380000578-868_634x459.jpg)> e <[https://i.dailymail.co.uk/i/pix/2011/04/03/article-1372902-0B75E3D100000578-383\\_306x445.jpg](https://i.dailymail.co.uk/i/pix/2011/04/03/article-1372902-0B75E3D100000578-383_306x445.jpg)>.
- SALLIE Gardner at a Gallop. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Sallie\\_Gardner\\_at\\_a\\_Gallop](http://en.wikipedia.org/wiki/Sallie_Gardner_at_a_Gallop)>. Acesso em: Sep. 2012.
- SAMSUNG. **Manual do Usuário Leitor de Disco Blu-ray BD-C5500**. Manaus, AM, 2010. 70 p.
- SANTI, A; CARNEIRO, B.; KIST, C. Descubra as mentiras que o seu cérebro conta para você. **Superinteressante**, No. 305, pg.brit 54-59. Jun. 2012. Ed. Abril.
- SANTOS, César A. Azevedo dos. **Landell de Moura ou Marconi, Quem é o Pioneiro?** Universidade de Passo Fundo. 2003. Disponível em: <[http://www.intercom.org.br/papers/nacionais/2003/www/pdf/2003\\_NP06\\_santos.pdf](http://www.intercom.org.br/papers/nacionais/2003/www/pdf/2003_NP06_santos.pdf)>. Acesso em: out. 2012.
- SÃO PAULO (Município). Lei nº 13.541, de 24 de março de 2003.
- SÃO PAULO (Município). Lei nº 15.326, de 12 de novembro de 2010.
- SÃO PAULO (Município). Secretaria Municipal de Infraestrutura Urbana e Obras. **Localização dos túneis e passagens subterrâneas de São Paulo**. Disponível em: <[http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/infraestrutura/obras\\_viarias/tuneis/index.php?p=7890](http://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/infraestrutura/obras_viarias/tuneis/index.php?p=7890)>. Acesso em: jun. 2015.
- SASSON, Steve. **We Had No Idea**. PluggedIn (blog de tecnologia da Kodak), 2007. Disponível em: <<http://pluggedin.kodak.com/pluggedin/post/?id=687843>>. Acesso em: Feb. 2013.
- SATELLITE Television. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Satellite\\_television](http://en.wikipedia.org/wiki/Satellite_television)>. Acesso em: Jan. 2013.
- SAUL Bass. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Saul\\_Bass](http://en.wikipedia.org/wiki/Saul_Bass)>. Acesso em: June 2012.
- SECURE Digital. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/SD\\_card](http://en.wikipedia.org/wiki/SD_card)>. Acesso em: Jan. 2014.
- SEMICONDUCTOR. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Semiconductor>>. Acesso em: jun. 2013.
- SETEMBRO de 1950: Começa a Grande Aventura da Televisão. In: Enciclopédia Nosso Século. São Paulo: Abril Cultural, 1980. Vol. 4, p.50-61.
- SILVA, Rafael. **Prédio em São Paulo vira videogame gigante**: Tecnoblog, Diário Tecnológico, 2013. Disponível em: <<http://tecnoblog.net/127667/predio-sao-paulo-videogame/>> Acesso: jan 2014.
- SILVIO Santos. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2014. Disponível em: <[http://pt.wikipedia.org/wiki/Silvio\\_Santos](http://pt.wikipedia.org/wiki/Silvio_Santos)>. Acesso em: fev. 2014.
- SINGLE-MODE optical fiber. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Single-mode\\_optical\\_fiber](http://en.wikipedia.org/wiki/Single-mode_optical_fiber)>. Acesso em: Sep. 2014.
- SMITH, Ivan. **Cost of Hard Drive Storage Space**. In: Nova Scotia's Electric Gleaner, Canning, Canada. Nov. 1996, atualizado em Dec. 2013. Disponível em: <<http://ns1758.ca/winch/winchest.html>>. Acesso em: Jan. 2014.
- SONY Corporation. **Advantage of the CMOS Sensor**. Apr. 2011/Ver. 1.0, p. 2.

- SONY Corporation. **Do You Really Understand Minimum Illumination: Video Levels (IRE)**, 2007. Disponível em: <[https://professional.sony.ca/ip/min\\_illumination/video/](https://professional.sony.ca/ip/min_illumination/video/)>. Acesso em: Jun. 2015
- SONY Corporation. **Manual de Instruções Câmera de Vídeo Digital DCR-DVD408/DVD508**. São Paulo, SP, 2007. 125 p.
- SONY Creates Single Lens 3D Camera Capable Of 240FPS. **Sony Insider**. 2 Oct. 2009. Disponível em: <<https://www.sonyinsider.com/2009/10/02/sony-creates-single-lens-3d-camera-capable-of-240fps/>>. Acesso em: Feb. 2014. Figuras em <<http://www.sonyinsider.com/wp-content/uploads/2009/10/High-Frame-Rate-Single-Lens-3D.png>> e <<http://www.sonyinsider.com/wp-content/uploads/2009/10/Optical-system-for-single-lens-3D-camera.png>>, tradução do autor.
- SONY Develops High Frame Rate Single Lens 3D Camera Technology. **Sony Press Centre**. 1 Oct. 2009. Disponível em: <<http://presscentre.sony.eu/content/detail.aspx?NewsAreaId=2&ReleaseID=4992>>. Acesso em: Feb. 2014.
- SONY Support. **HMZ-T3W Wearable HDTV, 2D/3D, Virtual 7.1 Surround Sound**. 2010. Disponível em: <<https://www.sony.com/electronics/support/televisions-projectors-personal-3d-viewer/hmz-t3w>>. Acesso em: Feb. 2014. Figura em: <<https://docs.sony.com//images//swt//homeav//hmzt3w.jpg>>.
- SONY'S Active Shutter 3D Glasses Battery Life Revealed. **Sony Insider**. 22 Mar. 2010. Disponível em: <<https://www.sonyinsider.com/2010/03/22/sonys-active-shutter-3d-glasses-battery-life-revealed/>>. Acesso em: Feb. 2014.
- SPIRO, Lisa. A Brief History of Stereographs and Stereoscopes. **Connexions**, Oct. 30, 2006. Disponível em: <<http://cnx.org/content/m13784/latest/>>. Acesso em: Feb. 2014.
- SPY Britain: six million CCTV cameras - and most are in private hands. **London Evening Standard**. 10 July 2013. Disponível em: <<http://www.standard.co.uk/news/uk/spy-britain-six-million-cctv-cameras--and-most-are-in-private-hands-8699934.html>>. Acesso em: Mar. 2014.
- STEINMAN, Robert. M.; PIZLO, Zygmunt.; PIZLO, Filip. J. **Phi is not beta, and why Wertheimer's discovery launched the Gestalt revolution: a minireview**, 2000. Vision Research, 40, 2257-2264. In.: Magni-phi & related phenomena. Disponível em: <<http://www1.psych.purdue.edu/Magniphi/index.html>>; <<http://www1.psych.purdue.edu/Magniphi/PhilsNotBeta/index.html>>; e <<http://www1.psych.purdue.edu/Magniphi/PhilsNotBeta/phi2.html>>. Acesso em: June 2012.
- STEREOSCOPE. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <<https://en.wikipedia.org/wiki/Stereoscope>>. Acesso em: Feb. 2014. Figuras em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Holmes\\_stereoscope.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Holmes_stereoscope.jpg)> e <[https://en.wikipedia.org/wiki/File:Stereograph\\_as\\_an\\_educator.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Stereograph_as_an_educator.jpg)>.
- STOP motion. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Stop-motion>>. Acesso em: June 2012.
- SULLIVAN, Allen. 3 Deep - New displays render images you can almost reach out and touch. **IEEE Spectrum**. Apr. 1, 2005. Disponível em: <<http://spectrum.ieee.org/computing/hardware/3-deep>>. Acesso em: Feb. 2014.
- SUPERMAN. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Superman>>. Acesso em: Jan. 2014.
- SURVEILLANCE Monitor 2007 - International country rankings. **Privacy International**. 2007. Disponível em: <<https://www.privacyinternational.org/reports/surveillance-monitor-2007-international-country-rankings>>. Acesso em: Mar. 2014.
- SYMMES, Daniel L. The Hammond Story. **The Chopper**, 14 Nov. 2006. Disponível em: <<http://web.archive.org/web/20110707063258/http://www.3dmovingpictures.com/chopper.html>>. Acesso em: Feb. 2014. Figura em <[http://web.archive.org/web/20110707063438im\\_/http://www.3dmovingpictures.com/images/television%2005.jpg](http://web.archive.org/web/20110707063438im_/http://www.3dmovingpictures.com/images/television%2005.jpg)>.
- TAUMATRÓPIO. In: WIKIPEDIA A Enciclopédia Livre, 2012. Disponível em: <<http://pt.wikipedia.org/wiki/Thaumatr%C3%B3pio>>. Acesso em: jun. 2012.
- A TELEVISÃO brasileira entra no ar - 60 anos da TV no Brasil. Notícia da **Assembleia Legislativa do Estado de São Paulo**, 21 set. 2010. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/noticia/?id=280800>>. Acesso em: fev. 2014.
- A TELEVISÃO descobre o "video tape". Um mesmo programa percorre o país. É a aldeia global. In: Enciclopédia Nosso Século. São Paulo: Abril Cultural, 1980. Vol. 5, p.110-111.
- TELEVISION (TV). In: BRITANNICA Online, 2012. Disponível em: <<http://www.britannica.com/EBchecked/topic/1262241/television-TV>>. Acesso em: Nov. 2012. Figuras em: iconoscópio: <<https://cdn.britannica.com/88/6888-050-AF4443FF.jpg>>; TV RCA CT-100: <<https://cdn.britannica.com/s:1500x700,q:85/16/70016-004-9C058FA5.jpg>>; videocassete: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:VHS-cassette.jpg>>.
- TELEVISION Rides Wires. Revista **Popular Science**, Vol. 154: No. 2, p. 179. Feb. 1949. Disponível em: <[http://books.google.com.br/books?id=pCQDAAAAMBAJ&pg=PA179&dq=popular+science+1949+%22Some+time+ago%22&hl=en&ei=gZjhTl-wHZGUnweD79T6Dw&sa=X&oi=book\\_result&ct=result&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=true](http://books.google.com.br/books?id=pCQDAAAAMBAJ&pg=PA179&dq=popular+science+1949+%22Some+time+ago%22&hl=en&ei=gZjhTl-wHZGUnweD79T6Dw&sa=X&oi=book_result&ct=result&redir_esc=y#v=onepage&q&f=true)>. Acesso em: Mar. 2014.
- TELEVIEW. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Television>>. Acesso em: Feb. 2014. Figura em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/File:Television\\_1922.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Television_1922.jpg)>.
- TEOH, Vincent. 3D TV Reviews. **HDTVtest**, Aug. 20, 2013. Disponível em: <<http://www.hdtvtest.co.uk/news/3d-tv>>. Acesso em: Fev. 2014.
- TEOH, Vincent. 4K Resolution Is Visible vs 1080p on 55" TV from 9' Viewing Distance. **HDTVtest**, Dec. 15, 2013. Disponível em: <<http://www.hdtvtest.co.uk/news/4k-resolution-201312153517.htm>>. Acesso em: Fev. 2014.
- TERRON, Paulo. With Lasers!: blog pessoal, 2010. Disponível em: <<http://withlasers.blogspot.com.br/2010/09/ja-viu-o-storyboard-que-saul-bass-fez.html>> Acesso: June 2012.

- TEXAS Instruments. **DLP System Optics**. Jul. 2010. 26p.
- TEXAS Instruments. **DMD 101: Introduction to Digital Micromirror Device (DMD) Technology**. Jul. 2008, rev. Oct 2013. 11p. Figura p. 1.
- TEXAS Instruments. **How DLP Technology Works**. Disponível em: <<http://www.dlp.com/technology/how-dlp-works/default.aspx>>. Acesso em Nov. 2014.
- THE ADVENTURES of Tintin (film). In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/The\\_Adventures\\_of\\_Tintin\\_\(film\)](http://en.wikipedia.org/wiki/The_Adventures_of_Tintin_(film))>. Acesso em: June 2012.
- THE HISTORY of Magnetic Recording. In: **h2g2** - The Guide to life, the universe and everything, 2004. Disponível em: <[http://www.h2g2.com/approved\\_entry/A3224936](http://www.h2g2.com/approved_entry/A3224936)>. Acesso em: Jan. 2013.
- THE MOST Spied Upon Cities In The World. **World Atlas**, April 25, 2017. Disponível em: <<https://www.worldatlas.com/articles/most-spied-on-cities-in-the-world.html>>. Acesso em: Mai. 2018.
- THE RISE and rise of the vídeo. **BBC News**, 2001. Disponível em: <<http://news.bbc.co.uk/2/hi/entertainment/1182165.stm>>. Acesso em: Jan. 2013. Figura gravador VERA em: <[http://newsimg.bbc.co.uk/olmedia/1180000/images/1182165\\_v\\_e\\_r\\_a300.jpg](http://newsimg.bbc.co.uk/olmedia/1180000/images/1182165_v_e_r_a300.jpg)>.
- THE POLAR Express (film). In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/The\\_Polar\\_Express\\_\(film\)](http://en.wikipedia.org/wiki/The_Polar_Express_(film))>. Acesso em: June 2012.
- THE POLAR Express. Fanpop!, 2012. Disponível em: <<http://www.fanpop.com/spots/the-polar-express/images/410772/title/tom-hanks-photo>>. Acesso em: June 2012.
- THE TECHNOLOGY of Photographic Imaging. Exibição do **Museum of the History of Science**. Oxford. Disponível em: <<http://www.mhs.ox.ac.uk/cameras/index.htm>>. Acesso em: Feb. 2014. Figuras em <<http://www.mhs.ox.ac.uk/cameras/item44.htm>> e <<http://www.mhs.ox.ac.uk/cameras/item147.htm>>.
- THÉÂTRE Optique. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Th%C3%A9%C3%A2tre\\_Optique](http://en.wikipedia.org/wiki/Th%C3%A9%C3%A2tre_Optique)>. Acesso em: June 2012. Figura em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Theatreoptique.jpg>>.
- THOMAS Edison. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Thomas\\_Alva\\_Edison](http://en.wikipedia.org/wiki/Thomas_Alva_Edison)>. Acesso em: Oct. 2012.
- Three Dimensional Images in the Air - Visualization of "real 3D images" using laser plasma. **AIST – Advanced Industrial Science and Technology**. Feb. 7, 2006. Disponível em: <[http://www.aist.go.jp/aist\\_e/latest\\_research/2006/20060210/20060210.html](http://www.aist.go.jp/aist_e/latest_research/2006/20060210/20060210.html)>. Acesso em: Feb. 2014.
- TÍRIG. Homepage da câmara municipal de Tírig, Espanha, 2012. Disponível em: <<http://www.tirig.es/node/32>>. Acesso em: jun. 2012.
- TOMB of Baqet III (No 15). In: TRIPWOLF, 2012. Disponível em: <<http://www.tripwolf.com/en/guide/show/685523/Egypt/Beni-Suef-to-Assiut/Minya/Beni-Hassan/Tomb-of-Baqet-III-No-15>>. Acesso em: June 2012.
- TOMLINSON, Lynn. In: Animation History: blog pessoal, 2010. Disponível em: <<http://animationhistory.blogspot.com.br/>>. Acesso em: June 2012.
- TOP 5 Cities with the Largest Surveillance Camera Networks. **VinTech**, May 4, 2011. Disponível em: <<http://vintechology.com/2011/05/04/top-5-cities-with-the-largest-surveillance-camera-networks/>>. Acesso em: Mar. 2014.
- TRANSIÇÃO para a televisão digital no Brasil. In: WIKIPEDIA, a enciclopédia livre, 2018. Disponível em: <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Transi%C3%A7%C3%A3o\\_para\\_a\\_televis%C3%A3o\\_digital\\_no\\_Brasil](https://pt.wikipedia.org/wiki/Transi%C3%A7%C3%A3o_para_a_televis%C3%A3o_digital_no_Brasil)>. Acesso em: Mar. 2018.
- TRANSMISSÃO da chegada o homem à Lua. **Memória Globo**. Disponível em: <<http://memoriaglobo.globo.com/institucional/cronologia/1969/transmissao-da-chegada-do-homem-a-lua.htm>>. Acesso em: fev. 2014.
- TETREULT, Michelle. Television. **World War II**, Aug. 5, 2006. Disponível em: <<http://wwii-realtime.blogspot.com.br/2006/08/television.html>>. Acesso em: Mar. 2018.
- TRICHROMACY. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Trichromatic>>. Acesso em: Jan. 2013.
- TRUBIN, Julian. Paul Nipkow & John Baird: The Invention of the Mechanical Television. **Following the Path of Discovery**. July 2012. Disponível em: <[http://www.juliantrubin.com/bigten/baird\\_nipkow\\_television.html](http://www.juliantrubin.com/bigten/baird_nipkow_television.html)>. Acesso em: Nov. 2012.
- TV: as cores estão chegando. Revista **Veja**. Ed. Abril, São Paulo, p. 36. 27 maio 1970.
- A TV em cores no primeiro dia. Revista **Veja**. Ed. Abril, São Paulo, p. 78-79. 5 abr. 1972.
- TWISTED Nematic Field Effect. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Twisted\\_nematic\\_field\\_effect](http://en.wikipedia.org/wiki/Twisted_nematic_field_effect)>. Acesso em: Mar. 2013. Figura em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:TN-LCD-schematic-MS-208kB.png>>, autor: Martin Schadt.
- ULTRA high definition television. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Ultra\\_high\\_definition\\_television](http://en.wikipedia.org/wiki/Ultra_high_definition_television)>. Acesso em: Feb. 2014.
- UNIVERSAL Declaration of Human Rights. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Universal\\_Declaration\\_of\\_Human\\_Rights#Sources](http://en.wikipedia.org/wiki/Universal_Declaration_of_Human_Rights#Sources)>. Acesso em: Mar. 2014.
- UNIVERSITY of Cambridge. **The Museum at the Cavendish Laboratory**. Disponível em: <<https://www.phy.cam.ac.uk/outreach/museum>>. Acesso em: Jan. 2013. Foto disponível em: <[http://www.cambridgephysics.org/museum/area2/images/cabinet3\\_2.jpg](http://www.cambridgephysics.org/museum/area2/images/cabinet3_2.jpg)>.

- VARIFOCAL Lens. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Varifocal\\_lens](http://en.wikipedia.org/wiki/Varifocal_lens)>. Acesso em: Jan. 2013.
- VERKEHRZENTRALE München. **Polizei Bayern**, 12.08.2013. Disponível em: <<http://www.polizei.bayern.de/muenchen/verkehr/index.html/2143>>. Acesso em: März 2014.
- VHS. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/VHS>>. Acesso em: Jan. 2013. Figura em: <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:VHS-cassette.jpg>>.
- VIDEO Camera Tube. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Video\\_camera\\_tube](http://en.wikipedia.org/wiki/Video_camera_tube)>. Acesso em: Feb. 2013. Figura em: <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vidicon\\_tube.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Vidicon_tube.jpg)>, autor: Sphl.
- VIDEO content analysis. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Video\\_content\\_analysis](http://en.wikipedia.org/wiki/Video_content_analysis)>. Acesso em: Sep. 2014.
- VIDEO-TAPE: a nova televisão enlatada. Revista **Veja**. Ed. Abril, São Paulo, p. 61. 18 dez. 1968.
- VIDEOTAPE format war. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Videotape\\_format\\_war](http://en.wikipedia.org/wiki/Videotape_format_war)>. Acesso em: Jan. 2013.
- VISION electronic recording apparatus. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Vision\\_Electronic\\_Recording\\_Apparatus](http://en.wikipedia.org/wiki/Vision_Electronic_Recording_Apparatus)>. Acesso em: Jan. 2013.
- VISUAL Perception. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2018. Disponível em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/Visual\\_perception#Early\\_studies](https://en.wikipedia.org/wiki/Visual_perception#Early_studies)>. Acesso em: Mar. 2018.
- VLADIMIR K. Zworykin. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Vladimir\\_Zworykin](http://en.wikipedia.org/wiki/Vladimir_Zworykin)>. Acesso em: Dec. 2012.
- VOLUMETRIC display. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Volumetric\\_display](http://en.wikipedia.org/wiki/Volumetric_display)>. Acesso em: Feb. 2014.
- WALLACE, E.; DIFFLEY, C. **CCTV Making it work – CCTV Control room ergonomics**. Police Scientific Development Branch – Home Office Police Policy Directorate. St Albans, Reino Unido, 1998, 25p.
- WALTER Benjamin - "Petite histoire de la photographie" (1931). In: **Littérature 2.0**, 2010. Disponível em: <<http://litterature2point0.blogspot.com.br/2010/10/walter-benjamin-petite-histoire-de-la.html>>. Acesso em: Sep. 2012.
- WALTER Bruch. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2014. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Walter\\_Bruch](http://en.wikipedia.org/wiki/Walter_Bruch)>. Acesso em: Mar. 2014. Figura em: <[https://en.wikipedia.org/wiki/File:Olympia-Kanone\\_1936.jpg](https://en.wikipedia.org/wiki/File:Olympia-Kanone_1936.jpg)>.
- WALTER, Chip. **Kryder's Law**. Artigo para a revista Scientific American, Nova York, Jul. 2005. Disponível em: <<http://www.scientificamerican.com/article/kryders-law/>>. Acesso em: Jan. 2014.
- WDC Networks. **Tutorial: Link Planner – Ferramenta gratuita para cálculo de enlaces de rádios Radwin**. Disponível em: <[http://www.wdnet.com.br/marketing/fag/como\\_fazer\\_o\\_calculo\\_de\\_enlace\\_de\\_radios\\_ubiquiti.pdf](http://www.wdnet.com.br/marketing/fag/como_fazer_o_calculo_de_enlace_de_radios_ubiquiti.pdf)>. Acesso em: Set. 2014
- WHAT Is... Noise? **Photoxels**. Disponível em: <[http://www.photoxels.com/tutorial\\_noise.html](http://www.photoxels.com/tutorial_noise.html)>. Acesso em: Sep. 2014.
- WHERE should I put my camera to use InnoEdge? In: INNOEDGE Q&A, 2014. Disponível em: <<http://www.innoware-edge.com/questions-answers>>. Acesso em: Oct. 2014.
- WHITE, Michael. **Leonardo: O Primeiro Cientista**. Tradução: Sergio Moraes Rego. Rio de Janeiro: Record, 2002. p. 178-180.
- WIDGERY, Richard. **Horse Locomotion - History of Horse Motion Capture (MoCap)**, 2012. Disponível em: <[http://www.horselocomotion.com/horse\\_motion\\_capture\\_data\\_faq.html](http://www.horselocomotion.com/horse_motion_capture_data_faq.html)>. Acesso em: Oct. 2012.
- WILHELM Homberg. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Wilhelm\\_Homberg](http://en.wikipedia.org/wiki/Wilhelm_Homberg)>. Acesso em: June 2012.
- WILLIAM Kennedy Dickson. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/William\\_Kennedy\\_Laurie\\_Dickson](http://en.wikipedia.org/wiki/William_Kennedy_Laurie_Dickson)>. Acesso em: Oct. 2012.
- WILLIAMS, Martin. Japan's NHK eyes 8K TV broadcasting from 2016. **Good Gear Guide** by **PCWorld Australia**, Jan. 6, 2013. Disponível em: <[http://www.pcworld.idg.com.au/article/445664/japan\\_nhk\\_eyes\\_8k\\_tv\\_broadcasting\\_from\\_2016/](http://www.pcworld.idg.com.au/article/445664/japan_nhk_eyes_8k_tv_broadcasting_from_2016/)>. Acesso em: Feb. 2014.
- WINER G.A., Cottrell J.E., Gregg V., Fournier J.S., Bica L.A. **Fundamentally misunderstanding visual perception. Adults' belief in visual emissions**. June-Jul. 2002. Abstract disponível em: <<http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/12094435?dopt=Abstract>>. Acesso em: Jan. 2014.
- WITELCOM Wireless & Telecommunication. Catálogo **Nitro 2**, Dilling, Noruega, May 2014. p. 1.
- WRGB. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/WRGB>>. Acesso em: Dec. 2012.
- ZETTA Inc. **The History of Computer Storage**. In Zetta.net, 2014. Disponível em: <<http://www.zetta.net/history-of-computer-storage/>>. Acesso em: Jan. 2014.
- ZHANG, Michael. **First Digital Photograph Ever Made**. PetaPixel, 2010. Disponível em: <<http://www.petapixel.com/2010/11/04/first-digital-photograph-ever-made/>>. Acesso em: Feb. 2013.

- ZHANG, Michael. **The World's First Digital Camera by Kodak and Steve Sasson**. PetaPixel, 2010. Disponível em: <<http://www.petapixel.com/2010/08/05/the-worlds-first-digital-camera-by-kodak-and-steve-sasson/>>. Acesso em: Feb. 2013. Figuras em: <<https://petapixel.com/assets/uploads/2010/08/firstkodak.jpg>> e <<https://petapixel.com/assets/uploads/2010/08/kodakplayback.jpg>>.
- ZOETROPE. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Zoetrope>>. Acesso em: June 2012. Figura em: <<http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Zoetrope.jpg>>.
- ZÖLLNER, Frank; NATHAN, Johannes. **Leonardo da Vinci, The Complete Paintings and Drawings**, 2003: Taschen. In: ARCSpace.COM. Disponível em: <[http://www.arcspace.com/books/Leonardo/leonardo\\_book.html](http://www.arcspace.com/books/Leonardo/leonardo_book.html)>. Acesso em: June 2012.
- ZOOM Lens. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2013. Disponível em: <[http://en.wikipedia.org/wiki/Zoom\\_lens](http://en.wikipedia.org/wiki/Zoom_lens)>. Acesso em: Jan. 2013.
- ZOOPRAXISCOPE. In: WIKIPEDIA The Free Encyclopedia, 2012. Disponível em: <<http://en.wikipedia.org/wiki/Zoopraxiscope>>. Acesso em: Sep. 2012.

# ÍNDICE REMISSIVO

---

## 1

1984 (livro) • 106

---

## 3

### 3D, tecnologias • 79–87

autoestereoscopia • 85  
 barreira de paralaxe • 85  
 de obturador ativo • 83  
 display de varredura de superfície • 86  
 display volumétrico • 85  
 estereografia • 81  
 matriz lenticular • 85  
 método anaglífico • 82  
 sistema de polarização • 83  
 transmissão de TV • 96

---

## A

abertura (de íris) • 33, 125, 126, 128, 135, 137, **138–39**, 143, 144, 177  
 Acordo Internacional de Wassenaar • 145  
 AGC (*Automatic Gain Control* - Controle Automático de Ganho) • **125**, 154  
 alarme • 103, **117**, 118, 123, 155, 160, 168, 169, 171, 172, 173, 174, 186, 214, 215  
   falso • 177  
 alcance dinâmico • *Ver* faixa dinâmica  
 Alexanderson, Ernst • 43  
 Alhazen • 13, 23, 55  
 AMOLED (LED Orgânico de Matriz Ativa) • *Ver* LED: orgânico  
 Ampla Faixa Dinâmica • *Ver* WDR  
 Angenieux, Pierre • 57  
 ângulo  
   de abertura de lente • 137  
   de polarização de luz • 201  
   de posicionamento • 83, 130, 157, 177, 188, **191–93**, 218  
   de visualização • 72, 77, 81, 85, 128, **133–35**, 136, 152, 156, 158, 177, 190, 203, 207, 218, *Ver também* campo: visual  
 animação • 12, 14, 16, **18–20**, 21, 26, 40  
 antena • 12, 91, 93, 95, 96, 165, **184**, 185, 191  
 Anysio, Chico • 93  
 APS (*Active Pixel Sensor* - Sensor de Pixel Ativo) • *Ver* sensor: CMOS  
 Archer, Frederick Scott • 27  
 Aristóteles • 13, 22  
 armazenamento • 12, 20, 35, 71, 115, 159, 193, 209, **210–12**, 215, *Ver também* gravação  
   compressão de dados • 162  
   *data storage* • 119  
   de imagem • 102  
   digital • **60–64**  
   em disco rígido (HD) • 61, 118

espaço de • 144, 147, 150, 155, 160, 162, 169, 190, **212**  
 holográfico • 63  
 na nuvem • 64, 119  
 tempo de • 123

artefato (em imagens) • 197

ASG (*Active Shutter Glasses* - Óculos de Obturador Ativo) •  
   *Ver* óculos: para visão 3D

aterramento • 191

*auto-flip* (função) • **155**, 157

*autotracking* • 155

AWB (*Automatic White Balance* - Ajuste Automático de Branco) • 154

---

## B

Baird, John Logie • **43**, 44, 47, 52, 58, 81

banda, largura de • 48, 53, 58, 62, 68, 115, 118, 144, 147, 150, 155, 160, 161, 162–67, 166, 167, 171, **180–87**, 186, 190, 193, **212**, 214

Bass, Saul • 10

Bayer, Bryce • 71

Beard, Richard • 26

Beethoven, Ludwig van • 65

*Beiträge zum Problem des electrischen Fernsehens* (livro) • 37

Bell, Alexander Graham • 39, 40

Bentham, Jeremy • 105

Bernanose, André • 76

Berzelius, Jöns Jacob • 40

Betamax • 12, **59**

*Big Brother* • 36, **106**

*Big Brother*, Troféu • 107

Bitzer, Donald • 72

Blair, Preston • 14

BLC (*Backlight Compensation* - Compensação de Luz de Fundo) • 155

*blooming* (efeito) • 141

*Bluetooth* • 84, 107, 185

Blu-ray • 12, **59**, 60, 62, 149, 166, 197, 211

Boni • *Ver* Oliveira Sobrinho, José Bonifácio de

Bouly, Léon • 34

Bruch, Walter • 49, 99

---

## C

cabo • 12, **182–84**, 184, 217, 218

  coaxial • 182–84

  de alimentação elétrica • 139, 184, 188

  de comunicação • 40, 63, 68, 96, 116, 120, 123, 156, 160, 164, 165, 180, **182–84**, 184, 187, 188, 196

  de fibra óptica • *Ver* fibra óptica

  STP (TP blindado) • 188

  TP (*Twisted Pair* - Par Trançado) • 182, 188

- TV a cabo • Ver televisão: a cabo  
 UTP (TP não blindado) • 188
- câmara escura • **22**, 23, 40
- camara obscura* • Ver câmara escura
- câmera • 8, 12, 79, 105, 124, 125, **128–58**, 186, 188, **191–93**, 194, 196, 197, 198, 205, 209, 215, 218, 219
- 3D • 80, 81, 85
- analógica • 71, 149, 151, 154, 168, 171, 197, 205, 210, 221
- binocular • 80
- box • 130
- bullet • 130
- câmara escura • 22, 23, 40
- com infravermelho • Ver câmera: para visão noturna
- com LAP • 107, 152, 176, 191
- com lente zoom • Ver lente: zoom
- com software analítico • 117, 171, **175**, 192, Ver também software: analítico
- day-night • 144, 145
- de alta definição • 78, 96, 114, 138, 139, 148, 149, 157, 162, 193, 198, 211
- de alta velocidade • 147
- de CFTV • **99**, 102, 103, 107, 108, 111, 112, 113, 114, 115, 116, 117, 118, 119, 120, 121, 122, 123, 124, 127, 128, 132, 138, 139, 141, 145, 216, 219
- de cinema • 31, 33, 34, 74
- de fiscalização • 104, 137, 173, 176
- de fole • 56
- de monitoramento de tráfego • 100, 104, 177, 190, 209
- de rede • Ver câmera: digital
- de ronda • 156
- de televisão • 57, 58, 88, 91, 129, 140
- de tubo • 46, 140
- de vigilância • 101, 102, 103, 106, 108
- digital • 27, 28, 61, **70**, 109, 120, 126, 141, 143, 147, 151, **158–79**, 180, 181, 184, 186, 197, 213, 214, 221
- dissecador de imagens • 47
- domo • 157, 189
- domo-PTZ • 157, 190, 192
- em cores • 53, 94, 144, 152, 171
- em drone • 107, 129
- embarcada • 155, 156
- externa • 189, 190, 194
- fixa • 114, 130, 135, 138, **156**, 157, 158, 184, 192, 193
- fotográfica • 7, **21–35**, 56, 57, 62
- grau de proteção • 189
- iconoscópio • Ver câmera: de tubo
- interna • 189
- IP • Ver câmera: digital
- monocromática • 51, 53, 144, 152, 171
- móvel • Ver câmera PTZ
- multistream* • 161, 214
- oculta • 107, 190
- panorâmica • 157
- para controle semafórico • 111, **175**, 192
- para visão noturna • 120, 129, 145, 147
- por rádio • **185**, 221
- posicionamento • 137, 173, 177, 188
- PTZ • 109, 114, 135, 155, **156**, 157, 158, 159, 165, 168, 171, 184, 192, 193
- térmica • 145, 189
- vandalismo • 190, 192
- vibração • 190
- webcam* • 108, 159
- Campbell-Swinton, Alan Archibald • 45
- campo
- de varredura • 46, 54, **150**, 154
- elétrico • 45, 46, 73, 76, 199, 200, 201
- magnético • 45
- profundidade de • 24, 139
- visual • 69, 79, 108, 111, 114, 123, 128, 130, **133–35**, 143, 151, 153, 157, 170, 171, 179, 188, 191, 192, 193, 194, Ver também ângulo de visão
- campo de visão • Ver campo: visual
- campos por segundo • Ver campo: varredura
- Campos, Nilo de Araújo • 88
- Caravaggio, Michelangelo da • **22**, 23, 24
- carte-de-visite* • **28**, 31
- Caruso, Enrico • 65
- Carvalho, Paulo Machado de • 93
- CCD (*Charge-Coupled Device* - Dispositivo de Carga Acoplada) • Ver sensor: CCD
- CCFL (*Cold-Cathode Fluorescent Lamps* - Lâmpadas Fluorescentes de Catodo Frio) • 75, 204
- CCO (Centro de Controle Operacional) • Ver central de operações
- CCTV (*Closed Circuit of Television*) • Ver CFTV
- CD (Compact Disc) • 60, 64, 65, 120, 211, 214
- celular, telefone • 61, 62, 75, 85, 96, 107, 117, 129, 141, 176, 185, 186
- central de operações • 100, 111, 115, 116, 118, 121, 135, 154, 157, 158, 168, 169, 171, 175, 197, **209–19**, 220
- cérebro • 12, 14, 16, 51, 79, 81, 126
- CET (Companhia de Engenharia de Tráfego) • 8, 100, 102, 104, 111, 112, 114, 115, 116, 188, 219, 220
- CFTV • 8, 54, 62, 88, 98, 112, 113, 115, 124, 197
- analógico • 102
- câmera de • **128–58**
- central de operações • 116, 209–19
- de monitoramento de tráfego • 108, 110
- de vigilância • 103
- digital • **158–79**
- gravação • 59, 118, 119, **210–12**
- história • **99–105**
- instalação • 188–96
- inteligente • 102
- privacidade • 105–9
- projeto de • **110–23**
- Chateaubriand Bandeira de Mello, Francisco de Assis • 88, 90–93, 95
- CIF (*Common Intermediate Format* - Formato Comum Intermediário) • Ver resolução: CIF
- cinema • 7, 12, 14, 17, 19, **21–35**, 37, 57, 69, 74, 82, 83, 84, 92, 129
- cinematógrafo • 34
- cinescópio • Ver CRT
- cinetógrafo • 33
- cinetoscópio • 31, **32**, 33, 34, 81
- Claudet, Antoine-François-Jean • 27
- CMOS (*Complementary Metal-Oxide-Semiconductor* - Semicondutor de Metal-Óxido Complementar) • Ver sensor: CMOS
- codec* • 78, **162**
- Codificador de vídeo • Ver Encoder
- compressão de vídeo • 78, 155, **162–67**, 171, 181, 190, 210, 211, 212, 215

algoritmos de • 119, 163  
formatos de • **165**, 167  
H.264 • **162–67**, 171, 186, 211, 214, 215  
H.265 • 166, 215  
M-JPEG • **162–67**, 171, 211, 214  
taxa de • 119  
confiabilidade • **177–79**, 184, 194  
contraste • 77, 124, **125–27**, 137, 152, 154, 155, 162, 171, 173, 177, 180, 192, 204, 207, 218  
conversor • 68  
A/D • Ver conversor: analógico-digital  
analógico-digital • 70, 126, 139  
de mídia • 164, **182**, 186  
set-top box • 71, 96  
cor • 40, 47, **51–55**, 65, 71, 72, 77, 79, 82, 84, 113, 124, 125, 128, 141, 144, 152, 154, 162, 163, 171, 182, 197  
padrões em TV • **54**, 69, 95, 99  
primária • **51**, 53, 65, 66, 77, 79, 141, 199, 202, 207  
profundidade de • 66, 147, 148, 154  
tons de • 66, 79, 204  
true color • 66  
TV em cores • 52, **59**, 72, 90, 94, 95  
Costa, Calmon • 89  
Courtet, Émile • **20**  
cristal líquido • 72, 73, 200, 201, 202, 204, Ver também LCD  
cristal líquido, óculos de • 83  
cronofotografia • 30  
Crookes, William • 45  
cropping (formato) • 198  
Crosby, Bing • 58  
crosstalk • 59  
CRT (Cathode Ray Tube - Tubo de Raios Catódicos) • **45**, 46, 47, 53, 69, 72, 73, 74, 81, 83, 88, 96, 118, 205  
CTA (Controle de Tráfego em Área) • 220

---

## D

Da Vinci, Leonardo • 10, 23, 55  
Daguerre, Louis • **24**  
daguerreótipo • 24, 26, 27, 28  
DAI (Detecção Automática de Incidentes) • 118, **172**, 175, 176, 192, 193  
data center • 64, 211  
data storage • 119, **211**, 217  
day-night (função) • 129, **144**, 145  
De la Roche, Tiphaigne • 24, 36  
decoder • 169  
Decreto  
Federal nº 3.665/2000 (produtos de uso restrito) • 145  
Municipal nº 44.755/2004 (TPOV) • 188  
Municipal nº 51.771/2010 (PGT) • 221  
defensa • 193  
definição • 27, 57, 128, 142, **154**, 155, 161, 162, 180, Ver também resolução  
alta • 47, 55, 67, 69, 71, 72, 74, 77, 79, 93, 96, 114, 162, 165, 171  
defog (função) • 155  
Della Porta, Giambattista • **23**  
demosaiçing • Ver filtro: de Bayer  
desempenho • 112, 122, 123, **177–79**, 188, 196

desenho animado • Ver Animação  
diafragma (de lente) • 138  
Dickson, William Kennedy • 32  
diodo • 75  
fotodiodo • 140, 144  
orgânico • Ver LED: orgânico  
Diodo Emissor de Luz (Light-Emitting Diode) • Ver LED  
disco  
CD (Compact Disc) • Ver CD  
de áudio • 44, 58, 60  
de Nipkow • 41, 42, 43, 44, 48, 52  
de vídeo • 60, 62, Ver também DVD  
flexível • 60, 62  
laser • Ver LaserDisc  
rígido • 12, **60**, 61, 63, 118, 119, 147, 160, 162, 178, 194, 196, **211**, 212, 214  
Disdéri, André-Adolphe-Eugène • 28, 31  
display  
de cristal líquido • Ver LCD  
de LCD • Ver LCD  
de LED • Ver LED  
de neblina • 87  
de OLED • Ver LED  
de plasma • Ver plasma  
de varredura de superfície • 86  
de volume estático • 86  
fluorescente a vácuo • Ver VFD  
HMD • Ver HMD  
HUD (Head-up Display - Display de Cabeça Levantada) • 77  
volumétrico • 85, 87  
wearable • 85  
disquete • Ver disco: flexível  
distância focal • 56, 57, 80, **131–32**, 133, 134, 135, 136, 138, 190, 191, 197  
DLP (Digital Light Processing) • Ver video wall: DLP  
DMD (Digital Micromirror Device - Dispositivo de Microespelho Digital) • Ver video wall: DMD  
DNA • 8, 64  
artificial (memória) • 61, **63**  
DVB (Digital Video Broadcasting - Transmissão de Vídeo Digital) • 68  
DVD (Digital Video Disc - Disco de Vídeo Digital) • 12, **59**, 60, 61, 118, 120, 149, 197, 214  
DVR (Digital Video Recorder - Gravador de Vídeo Digital) • 160, 209, **211**, 213, 215, 220  
DWDM (Dense Wavelength Division Multiplexing - Multiplexação Densa por Divisão de Comprimento de Onda) • 183  
dynamic range • Ver faixa dinâmica

---

## E

Eastman, George • 26, **28**, 29, 31, 33  
ECD (Estações de Coleta de Dados) • 172, **175**, 176, 192, 193  
edge recording • 210  
Edison, Thomas • 31, 33, 34, 81  
Einstein, Albert • 8, 23  
EIS • Ver estabilização de imagem: EIS  
eletroluminescência • 76  
eletromagnética, indução • 185  
eletromagnéticas, ondas • 38, 51, 65, 147, 185, 188, 200,

Ver também radiofrequência  
 eletromagnético, espectro • Ver eletromagnéticas, ondas  
 Emissão, Teoria da • 13  
 Empédocles • 13  
 encoder • 168, 210, 211, 221  
 ergonomia • 116, 216–22  
 especificação técnica • 55, 112, 116, 120, 122, 123, 135,  
 151, 154, 158, 167, 181, 188, 191, 193, 196, 207, 210, 215,  
 217  
 estabilização de imagem • 137, 155, 190  
 EIS (*Electronic Image Stabilization* - Estabilização Eletrônica de  
 Imagem) • 190  
 OIS (*Optical Image Stabilization* - Estabilização Ótica de  
 Imagem) • 190  
 estabilização mecânica de imagem • Ver : estabilização de  
 imagem: OIS  
 estereoscópio • 81  
 Ethernet • 156, 181, 184, 188  
 ética (em CFTV) • 105, 109  
 Euclides • 13, 14, 23  
 exportação (de arquivos) • 118, 120, 122, 123, 163, 214

---

## F

faixa dinâmica • 125–27, 155  
 falso alarme • 173, 177, 178  
 Fantasmagorie (animação) • 20  
 Farnsworth, Philo Taylor • 46, 47  
 fenacístoscópio • 12, 14, 18, 31  
 fenômeno fi • 16  
 fibra óptica • 12, 39, 71, 78, 103, 164, 182–84, 187, 188  
 índice de refração • 182  
 monomodo • 182  
 multimodo • 182  
 filme • 10, 12, 20, 21–35, 35, 56, 58, 69, 93  
 de papel • 31, 33  
 de película • 24  
 de polímero orgânico • 76  
 de rolo flexível • 28  
 em 3D • 79–87  
 fotográfico • 21–35, 70  
 Super 8 • 70  
 filtro  
 de ar • 217  
 de Bayer • 71, 141, 148  
 de cores • 51, 52, 53, 71, 82, 141, 202, 207  
 de dados • 181  
 de desentrelaçamento • 150  
 de interferência • 84  
 de ruído elétrico • 180  
 dicromático • 84  
 infravermelho • 145, 155  
 polarizado • 82, 83, 128, 130, 201  
 firewall • 181  
 fita cassete • 58, 60, 61  
 fita magnética • 44, 58, 60, 102  
 flicker (efeito) • 48, 83  
 Florence, Hercules • 24  
 fluxo de vídeo • Ver stream de vídeo  
 foco • 56, 57, 80, 121, 128, 131–32, 135, 139, 156, 197  
 autofoco • 135, 136, 191

fonovisão • 44, 58  
 fotofone • 39, 40  
 fotografia • 7, 8, 12, 21–35, 56, 57, 66, 117  
 carte-de-visite • 28  
 chapa fotográfica • 26, 28, 29, 56  
 cronofotografia • 30  
 daguerreótipo • 26  
 digital • 70  
 efeito fotoquímico • 24  
 estereoscópica • 81, 83  
 filme fotográfico • 22, 28, 61  
 fotograma • 32, 83, 146  
 fotojornalismo • 8  
 fuzil fotográfico • 30  
 integral • 85  
 JPEG • 166  
 fps (*frames per second* - quadros por segundo) • 48, 58, 146,  
 162, Ver também taxa de quadros  
 frame rate • Ver taxa de quadros  
 Franklin, Rosalind • 8  
 Freire, Olavo Bastos • 88, 89, 90  
 f-stop • Ver número-f  
 fuzil fotográfico • 30

---

## G

Galeno • 13  
 Galilei, Galileo • 55, 57  
 Giphantie (livro) • 24, 36  
 Goddard, John Frederick • 26  
 Goldmark, Peter • 53  
 gravação • 57–64, 65, 78, 114, 115, 117, 118, 122, 160, 169,  
 194, 214, 219, Ver também armazenamento  
 de áudio • 58, 65  
 de dados • 119, 211  
 de data e hora • 119  
 de imagens • 58, 99, 120, 123  
 de incidente • 172, 175  
 de marca d'água virtual • 119  
 de vídeo • 58, 60, 102, 147, 155, 161, 162, 165, 210  
 digital • 102, 210–12, 213  
 edge recording • Ver edge recording  
 em disco de áudio • 44  
 em disco rígido (HD) • 102, 211  
 em DNA • 64  
 em DVR • 211  
 em filme • 32, 33, 58  
 em fita magnética • 44, 58, 70, 99, 102  
 em memória flash • 62, 63, 155, 213  
 em NVR • 211  
 em VHS • 159, 160  
 em video-tape • Ver gravação: em fita magnética  
 local • 102, 210  
 métodos de • 61  
 na câmera • Ver edge recording  
 na nuvem • Ver nuvem, armazenamento na  
 RAID (Matriz Redundante de Discos Independentes) • 119  
 tempo de • 211, 212  
 gravador • Ver também gravação  
 Betamax • 59  
 cassete • 70  
 de CFTV • 118, 119  
 de fita de rolo • 58

de HDTV ▪ 78  
de vídeo ▪ 99  
digital ▪ 119, 209  
DVR ▪ 160, **211**  
NVR ▪ **211**  
*time-lapse* ▪ 102  
*U-matic* ▪ 58  
VHS ▪ 59, 159, 168

---

## H

H.264 ▪ *Ver* compressão de vídeo: H.264  
H.265 ▪ *Ver* compressão de vídeo: H.265  
Hammond, Laurens ▪ 83  
HD (*Hard Disc*) ▪ *Ver* disco rígido  
HDTV (*High Definition TV*) ▪ *Ver* resolução: HDTV  
Heilmeyer, George H. ▪ 73  
Helfrich, Wolfgang ▪ 73  
heliografia ▪ 24, 26  
Hitchcock, Alfred ▪ 10  
HMD (*Head-Mounted Display* - Display de Montagem na Cabeça) ▪ 84  
Hobson, Rank Taylor ▪ 57  
Homborg, Wilhelm ▪ 24  
House, David ▪ 61  
*How the Other Half Lives - Studies among the Tenements of New York* (livro) ▪ 8  
Hubble, Edwin ▪ 8  
Huygens, Christiaan ▪ 19

---

## I

Ibn al-Haytham ▪ *Ver* Alhazen  
iconoscópio ▪ 47, 48, 88  
IEC (*International Electrotechnical Commission*) ▪ 166, 189, 190  
IEEE (*Institute of Electrical and Electronics Engineers*) ▪ 143, 181  
IK, código (antivandalismo) ▪ 190  
iluminação ▪ 23, 34, 116, 123, **124–27**, 130, 142–45, 146, 152, 154, 167, 177, 188, 189, 192, 197, 206, 210, 212, 217  
iluminador ▪ 130, *Ver também* LED e infravermelho  
iluminamento ▪ *Ver* luminosidade  
iluminância ▪ *Ver* luminosidade  
infravermelho ▪ **51**, 84, 87, 135, 144, 145, 185  
câmera ▪ 120, 128, 129, 147  
filtro ▪ 145, 155  
iluminador ▪ 130, 144, 176, 189  
próximo ▪ 144  
sensor ▪ 128, 130  
instalação  
de cabos ▪ 184  
de câmera de CFTV ▪ 104, 105, 111, 114, 130, 156, 161, 184, 188, 190, **191–93**  
de sistema de CFTV ▪ 99, 116, 121, 171, **188–96**  
elétrica ▪ 161, 184, 191  
em túneis ▪ 193  
interface óptica ▪ 182  
internet ▪ 64, 65, 69, 104, 107, 108, 111, 112, 159, 160, 180, 181, 185, 186, 213

interpolação, algoritmo de ▪ 142, **148**  
Intromissão, Teoria da ▪ 13  
IP (grau de proteção) ▪ 129, **189**  
IP (*Internet Protocol*) ▪ 108, 130, **159**, 161, 180, **181**, 188, 211, 213, 215  
IPv4 ▪ 181  
IPv6 ▪ 181  
IRE (*Institute of Radio Engineers* - Instituto dos Engenheiros de Rádio) ▪ 142, **143**  
íris ▪ 125, 126, 128, **138–39**, 142, 144, 155  
autoíris ▪ 139  
ISDB-T (*Integrated Services Digital Broadcasting - Terrestrial* ou Serviços Integrados de Transmissão Digital Terrestre) ▪ 68, 96  
ISO (*International Organization for Standardization*) ▪ 166  
ITS (*Intelligent Transportation System* - Sistema Inteligente de Transporte) ▪ 216  
ITU (*International Telecommunication Union*) ▪ 166

---

## J

Jenkins, Charles Francis ▪ 33, 43  
Johnson, Critérios de ▪ 151  
Johnson, John ▪ 151, 152  
joystick ▪ *Ver* telecomando

---

## K

Kirsch, Russell A. ▪ 70

---

## L

laço virtual ▪ 171, 172, 173, 175, 192  
LAN (*Local Area Network* - Rede local) ▪ 159, 180, 181, 182  
Land, Edwin H. ▪ 83  
Lange, Dorothea ▪ 8  
lanterna mágica ▪ 19  
LAP (Leitura Automática de Placas) ▪ 172, 176, 191, 193  
Lapucci, Roberta ▪ 23  
*LaserDisc* ▪ 12, **60**, 61  
latência ▪ **165**, 166, 167, 184  
LCD  
tecnologia ▪ **199–204**  
tela de ▪ 15, 47, 69, 71, **72–74**, 75, 77, 83, 84, 85, 118, 198, 200, 202, 204, 218  
video wall ▪ 207, 208  
LDC (*Lens Distortion Correction* - software de Correção de Distorção da Lente) ▪ 157  
Le Prince, Louis ▪ 31  
Leblanc, Maurice ▪ 41, 45  
LED ▪ 204, 208  
iluminador de ▪ 144  
orgânico ▪ 76, 77, 78  
painel de ▪ 75  
projedor de ▪ 208  
tela de ▪ 73, **74–76**, 77, 118, 198, 204  
TV de ▪ *Ver* LED: tela de  
video wall ▪ 100, 207  
lei ▪ 8, 39, 93, **121**

de Moore • 61  
privacidade • 106

#### Lei

Constituição Brasileira • 106  
Constituição dos Estados Unidos da América • 106  
CTB (Código de Trânsito Brasileiro) nº 9503/97 • 188  
Declaração Universal dos Direitos Humanos • 106  
Municipal nº 13.541/2003 (privacidade) • 106, 121  
Municipal nº 13.614/2003 (TPOV) • 188  
Municipal nº 15.150/2010 (PGT) • 221  
Municipal nº 15.326/2010 (eventos) • 106

lente • 19, 20, 22, 23, 27, 28, 31, 43, 51, **55–57**, 70, 82, 84, 85, 87, 124, **130–39**, 139, 142, 143, 145, 148, 151, 152, 156, 157, 169, 176, 188, 190, 191, 192, 193, 194, 197, 207  
360° • *Ver* lente: panorâmica  
afocal • 135, 136  
composta • 56, 135  
convergente • 131, 132, 135  
corretiva • 55  
*DC drive* • 139  
divergente • 132, 135  
dupla • 80  
fator de ampliação • 132  
foco fixo • 56, 114, 135, 137  
grande-angular • 55, 56, 114, 128, **133**  
índice de refração • 56, **131**  
macro • 128, **133**  
montagens C e CS • 130  
objetiva normal • 56, **133**  
olho-de-peixe • **133**  
panorâmica • 128, **133**, 157  
parfocal • *Ver* lente: zoom  
polarizada • 82, 83  
simples • 56  
teleobjetiva • 56, 114, 128, **133**  
única • 31, 56, 80  
unifocal • *Ver* lente: foco fixo  
varifocal • 57, **135–38**, 156, 192  
*video drive* • 139  
zoom • 57, 114, **135–38**, 139, 156, 193

*letterbox* (formato) • 198  
Liesegang, Raphael Eduard • 37  
*Light-Emitting Diode* (Diodo Emissor de Luz) • *Ver* LED  
Lima, Dermival Costa • 92  
Lins, Yara • 92  
Lippershey, Hans • 55  
*Liquid Crystal Display* (Display de Cristal Líquido) • *Ver* LCD  
LPR (*License Plate Recognition*) • *Ver* LAP (Leitura Automática de Placas)

Lucrécio • 13  
Lumière, irmãos • 19, 31, **34**  
luminosidade • **124–27**, 142, 144  
luz • 13, 19, 22, 23, 24, 26, 27, 32, 40, 41, **51–55**, 63, 71, 72, 73, 75, 76, 77, 99, **124–27**, 128, 130, 131, 137, 138, 140, 189, 190, 192, 199, 201, 203, 206, 208, 216, 217  
*backlight* (luz de fundo) • 31, 75, 155, 189, **204**, 208  
contraste • 125–27  
diodo emissor de • *Ver* LED  
infravermelha • *Ver* infravermelho  
polarizada • 82, 83, 130, **200**, 201, 202  
sensibilidade • 26, 51, 71, 102, **124**, 130, 139  
transmissão por • 39, 40, **182–84**  
ultravioleta • *Ver* ultravioleta

velocidade da • 131, 164

---

## M

Maddox, Richard Leach • **27**, 29, 31  
manutenção • 111, 116, 119, **121**, 123, 171, 184, 188, 192, **193–95**, 208, 211, 217  
Marconi, Guglielmo • 39  
Marconi-EMI (padrão) • 47, **54**  
Marey, Étienne-Jules • 30  
Marinho, Roberto • 94  
matriz de comando • **159**, 197, 221  
Mauguin, Charles-Victor • 73  
Mauguin, regime • 73, 201  
McLean, Don • 44  
memória • **61**, 62, 63, 70, 140, 158  
cartão de • 155, 168, 171, 210, 213  
cartão SD • 60, **62**, 63  
flash • 60, 62, 63  
holográfica • 63  
RAM • 60, 178  
Mendes, Cassiano Gabus • 92, 93  
mesa controladora de vídeo • 158, 219  
*midspan* • 184  
Miele, Luís Carlos • 93  
M-JPEG (Motion-JPEG) • *Ver* compressão de vídeo: M-JPEG  
Mo Ti • *Ver* Mozi  
monitor • 12, 197, 216, 217, 218  
de câmera • 88  
de CFTV • 99, 100, 102, 122  
de computador • 48, 67, 69, 72, 118, 149, 197, 198, 214  
de CRT • 72, 118, 205  
de fósforo verde • 72  
de LCD • 15, 198, 204, 207, 208, 218  
de plasma • **72**  
de tubo • *Ver* monitor: de CRT  
de TV • *Ver* monitor: de vídeo  
de vídeo • 66, 71, 88, 91, 118, 125, 147, 159, 169, 172, 197, 198  
de vídeo wall • 118, 197, **204–8**, 217  
número de • 118, 218, **219**  
tamanho • 147, 218  
monitoramento • 114, 117, 119, 123, 138, 188, 192, 211  
ao vivo • 114, 115, 118, 156, 158, 160, 210  
de segurança • 101  
de tráfego • 8, 99, 100, 102, 104, 108, 110, 111, 113, 115, 124, 137, 147, 151, 158, 161, 172, 174, 190, 191, 193, **209**  
em tempo real • *Ver* monitoramento: ao vivo  
por CFTV • 99, 106, 110, 111, 115, 121, 133, 165, 169, 210  
Moore, Gordon • 61  
Moore, Lei de • 61  
mosaico (modo de exibição) • 118, 198, 205, 214, 218  
Moura, Marco Aurélio Cardoso • 39  
Moura, Roberto Landell de • 39  
movimento beta • **16**  
Mozi • 22  
Muybridge, Eadweard • **28–30**, 31, 32

---

## N

NEMA (*National Electrical Manufacturers Association*) • 190

nemático, efeito ▪ 73, 200, 201  
Nero ▪ 55  
Newton, Isaac ▪ 14, 51  
Niépce, Nicéphore ▪ 24, 26, 31  
Nipkow, Paul Gottlieb ▪ 41, 42  
Norma  
  ABNT (cabos) ▪ 183  
  EN 62262 (vandalismo) ▪ 190  
  IEC 60721 (vibração) ▪ 190  
  IEC 62262 (vandalismo) ▪ 190  
  IEEE 802.11 (rede sem fio) ▪ 185  
  IEEE 802.11p (WAVE) ▪ 185  
  IEEE 802.11s (mesh) ▪ 186  
  IEEE 802.16 (WiMAX) ▪ 186  
  IEEE 802.1X (criptografia) ▪ 156, 181  
  IEEE 802.3 (LAN) ▪ 181  
  IEEE 802.3-2012 (PoE) ▪ 184  
  IEEE 802.3af-2003 (PoE) ▪ 184  
  IEEE 802.3at-2009 (PoE+) ▪ 184  
  NBR 14103  
    2005 (cabo óptico) ▪ 183  
  NBR 14106  
    2012 (cordão óptico) ▪ 183  
  NBR 14160  
    2005 (cabo óptico) ▪ 183  
  NBR 14566  
    2004 (cabo óptico) ▪ 183  
  NBR 14705  
    2010 (cabo interno) ▪ 183  
  NBR 14771  
    2007 (cabo óptico) ▪ 183  
  NBR 14772  
    2006 (cabos óptico) ▪ 183  
  NBR 14774  
    2009 (cabos óptico) ▪ 183  
  NBR 14885 (barreiras de concreto) ▪ 193  
  NBR 15486 (dispositivos de contenção viária) ▪ 193  
  NBR 5410 (instalações elétricas) ▪ 191  
  NBR 5419 (para-raios) ▪ 191  
  NBR 6971 (defensas metálicas) ▪ 193  
  NBR IEC 62262  
    2015 (vandalismo) ▪ 190  
  NEMA (proteção) ▪ 190  
  NTCIP 1205 (CFTV) ▪ 216  
  Onvif ▪ 215  
NTCIP (*National Transportation Communications for Intelligent Transportation System Protocol* - Protocolo Nacional de ITS para Comunicação de Transportes) ▪ 216  
NTSC (padrão) ▪ 48, 53, 54, 55, 59, 69, 77, 95, 146, 149, 159, 162, 168, 215  
número-f ▪ 137, 138–39, 142  
nuvem, armazenamento na ▪ 64, 102, 119, 211  
NVR (*Network Video Recorder* - Gravador de Vídeo em Rede) ▪ 209, 211, 213, 215

## O

Obermiller, Walter ▪ 91, 92  
obturador ▪ 26, 27, 29, 32, 33, 83, 84, 142, 145–47, 155, 176  
OCR (*Optical Character Recognition*) ▪ Ver LAP (Leitura Automática de Placas)

óculos ▪ 55, 85  
  de realidade virtual ▪ 85  
  de visão noturna ▪ 145  
  para visão 3D ▪ 82, 83, 84  
OIS ▪ Ver estabilização de imagem: OIS  
OLED ▪ Ver LED: orgânico  
olho ▪ 13, 14, 16, 22, 36, 41, 51, 55, 66, 69, 71, 78, 79, 106, 113, 124, 126, 128, 141, 145, 182, 201, 217  
  cristalino ▪ 22, 128  
  retina ▪ 14, 15, 22, 24, 41, 51, 79  
Oliveira Sobrinho, José Bonifácio de ▪ 95  
Onvif (*Open Network Video Interface Forum* - Fórum de Interface Aberta para Vídeo em Rede) ▪ 215–16  
operação (de CFTV) ▪ 115, 116, 122, 123, 160, 173, 184, 188, 195, 197, 209, 211, 213, 216, 219  
Orwell, George ▪ 36, 106

## P

padrão  
  de compressão de vídeo ▪ 163, 166  
  de cores em TV ▪ 54  
  de gravação de vídeo ▪ 59  
  de protocolos de comunicação ▪ 215–16  
  de vídeo digital ▪ 120, 148  
  DVB ▪ Ver DVB  
  IEC (grau de proteção IP) ▪ 189  
  ISDB-T ▪ Ver ISDB-T  
  Marconi-EMI ▪ Ver Marconi-EMI (padrão)  
  NEMA (grau de proteção) ▪ 190  
  NTCIP ▪ Ver NTCIP  
  NTSC ▪ Ver NTSC (padrão)  
  PAL ▪ Ver PAL (padrão)  
  PAL-M ▪ Ver PAL-M (padrão)  
  RGB ▪ Ver RGB (padrão)  
  SBTVD ▪ Ver SBTVD  
  SECAM ▪ Ver SECAM (padrão)  
Paiva, Adriano de ▪ 40  
PAL (padrão) ▪ 54, 55, 69, 77, 95, 99, 146, 149, 159, 215  
PAL-M (padrão) ▪ 54, 55, 69, 95  
*pan and scan* (formato) ▪ 198  
Pan-óptico ▪ 105  
panoramizador ▪ Ver pan-tilt  
*pan-tilt* ▪ 101, 129, 130, 138, 156, 157, 164  
paralaxe ▪ 81, 137  
paralaxe, barreira de ▪ Ver 3D, tecnologias  
para-raios ▪ 191  
Paula, Hilda Rezende ▪ 88  
Paulo VI, Papa ▪ 94  
PDP (*Plasma Display Panel*) ▪ Ver Plasma  
Pecham, John ▪ 55  
película (de filme) ▪ Ver filme  
pente, efeito (*combing*) ▪ 150  
Persistência da Visão, Teoria da ▪ 13, 14, 15, 18, 86  
Perskyi, Constantin ▪ 37  
*Perspectiva Communis* (livro) ▪ 55  
PGT (Polo Gerador de Tráfego) ▪ 221  
*Phantoscope* ▪ 33, 43  
*pillarbox* (formato) ▪ 198  
pixel ▪ 66, 67, 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77, 78, 79, 83, 85, 139, 140, 141, 147–54, 162, 177, 199, 201, 202, 203, 207

densidade de • 147, **150–53**  
 subpixel • 199, 202  
 plasma • 72, 87  
 tela de • 47, 69, 71, **72**, 73, 74, 75, 198, **199**, 204  
 Platão • 13  
 Plateau, Joseph • 14, 18  
 PMV (Painel de Mensagens Variáveis) • 111, 117, 160, 176, 216, 220  
 PoE (*Power over Ethernet*) • 156, 161, 168, 171, **184**  
 polarização de luz • **83**, 130, **200**, 201, 203  
 filtro polarizado • 82, 83, **130**  
 óculos 3D • 82, 84  
 polarizador • 73, 201  
 Polumordvinov, A. A. • 52  
 porta I/O • **155**, 168  
 Portaria  
 nº 1.141/GM5/1987 - Ministério da Aeronáutica • 188  
 Porter, Edwin S. • 82  
 praxinoscópio • 12, 19  
 preset • 155, **158**, 172, 213, 214, 219  
 prisma de Nicol • 83  
 privacidade • **105–9**, 121  
 privacidade, máscara de (função) • **155**, 214  
 projetor  
 de cinema • 19, 31, 33, 34  
 de LED • 208  
 de vídeo • 12  
 de video wall • 197, 205, 206, 217  
 DLP • 207  
 em 3D • 83  
 volumétrico • 87  
 protocolo (de transferência de dados) • 160, 168, **186**  
 FTP (*File Transfer Protocol*) • 186  
 HTTP (*Hypertext Transfer Protocol*) • 186  
 HTTPS (*Hypertext Transfer Protocol Secure*) • 186  
 IEEE 802.11 (rede sem fio) • 185  
 IP (*Internet Protocol*) • Ver IP (*Internet Protocol*)  
 NTCIP 1205 (CFTV) • 216  
 Onvif • 215  
 RTP (*Real-time Transport Protocol*) • 186  
 SMTP (*Simple Mail Transfer Protocol*) • 186  
 TCP (*Transmission Control Protocol*) • 186  
 UDP (*User Datagram Protocol*) • 186  
 PSIA (*Physical Security Interoperability Alliance* - Aliança de Interoperabilidade de Segurança Física) • 216  
 Ptolomeu, Cláudio • 13  
 PTZ virtual • 138, 214

---

## Q

QoS (*Quality of Service*) • 181  
 quadros por segundo • 15, 17, 19, 26, 31, 33, 43, 47, 154,  
 Ver também taxa de quadros

---

## R

rádio • 36, **38–39**, 84, 90, 93, 122, **185**  
 transmissor de ondas • 39  
 radiofrequência • **38**, 43, 107, 120, 165, 176, 185  
 UHF • 71, 95  
 VHF • 91, 96

raios catódicos • **45**, 46, Ver também CRT  
 realidade aumentada • 84  
 realidade virtual • 84  
 Reinitzer, Friedrich • 72  
 relação de aspecto • 69, 148, 149, 198  
 resolução • 43, 51, 53, 58, 59, 67, 68, 70, 72, 74, 77, 83, 84, 85, 113, 118, 119, 129, 130, 137, 145, 146, 147–**54**, 149, 155, 160, 161, 162, 168, 176, 178, 188, 198, 206, 208, 210, 212  
 4CIF • 149, 168, 213  
 4K • 77, 79  
 8K • 77, 78  
 alta • 57, 74, 138, 139, 141, 157, 193, 211  
 CIF • 149, 178, 213  
 D1 • 149, 168  
 de pixels • 147  
 efetiva • 148  
 espacial • 147  
 espectral • 147  
 full HD • 62, 74, 77  
 HD 1080 • 67, 74, 77, 129, 149, 213, 218  
 HD 720 • 74, 77, 129, 149, 213, 218  
 HDTV • 67, 68, 77, 78, 149  
 megapixel • 67, 77, 130, 148, 149  
 mínima • 151, 152  
 óptica • 148  
 QCIF • 149, 198  
 radiométrica • 147, Ver cor: profundidade de  
 SDTV • 68, 77  
 temporal • 147  
 total • 148  
 Reynaud, Charles-Émile • 19, 33  
 RF • Ver radiofrequência  
 RGB (padrão) • **65**, 66, 204  
 Riis, Jacob • 8  
 Rocha, Eduardo Ferreira • 88  
 Roget, Peter Mark • 14  
 Rosing, Boris • 45, 46  
 Rowling, J. K. • 36  
 ruído (elétrico) • 59, 126, 139, 141, 144, 155, 167, 180, 197

---

## S

sala de controle • Ver central de operações  
 Santos, Silvio • 95  
 Santos-Dumont, Alberto • 32  
 Sarnoff, David • **46**, 53, 68, 90, 91  
 Sasson, Steven • 70, 71  
 satélite (artificial) • 49, 68, 81, 93, 94, 107, 128, 185  
 Brasilsat • 94  
 Intelsat • 94  
 SBTVD (Sistema Brasileiro de Televisão Digital) • 69, 96  
 Schadt, Martin • 73  
 Scott, C. P. • 37  
 SECAM (padrão) • **54**, 55, 69, 95  
 segurança  
 de dados • 108, 116, 119, 122, 156, 161, 171, 181, 187, 214  
 eletrônica • 99, 103, 124, 215  
 individual • 107, 121, 157, 216  
 indústria da • 103  
 patrimonial • 104, 219

pública ▪ 99, 103, 104, 106, 107, 108, 118, 145, 174, 219  
viária ▪ 193, 219

selênio ▪ **40**, 41

semáforo ▪ 99, 100, 111, 114, 115, 116, 160, 172, 175, 176, 186, 190, 192, 216

Sêneca ▪ 55

sensibilidade ▪ 26, 51, 71, 126, 128, 130, 139, **142–45**, 146, 154, 189, 197

sensor ▪ 22, 27, 43, 71, 124, 125, 126, 130, 132, 133, 134, 138, **139–54**, 164, 167, 189, 190, 192, 197  
CCD ▪ 22, 47, 70, 71, 78, 102, **140**, 141, 144, 145  
CMOS ▪ 22, 71, 78, 140, 144, 145  
de fumaça ▪ 155  
de presença ▪ 117  
de raios X ▪ 128  
de válvula eletrônica ▪ 71  
fotoelétrico ▪ 42  
infravermelho ▪ 128, 130  
microbolômetro ▪ 145  
térmico ▪ 128  
ultravioleta ▪ 128  
Vidicon ▪ 71

servidor ▪ 64, 187, 197  
de armazenamento ▪ 211, *Ver data storage*  
de vídeo ▪ 117, 159, 171, 178, 186, 196, **209–10**, 211, 213, 215, 217  
de *video wall* ▪ 208

Shoenberg, Isaac ▪ 47

Shuster, Joe ▪ 13

*shutter* ▪ *Ver obturador*

Siegel, Jerry ▪ 13

Siemens, Werner von ▪ 40

Slottow, H. Gene ▪ 72

*smartphone* ▪ 28, 62, 77, 96, 107, 118, 197

Smith, Willoughby ▪ 40

*snapshot* ▪ 212, 214

software  
analítico ▪ 99, 117, 120, 123, 160, **169–79**, 193, 215, *Ver também* vídeo: analítico  
de controle de gravação ▪ 211  
de controle semafórico ▪ 175  
de conversão de formatos ▪ 120  
de correção de distorção da lente (LDC) ▪ 157  
de desentrelaçamento ▪ 168  
de detecção automática de incidentes ▪ *Ver DAI*  
de gerenciamento de vídeo ▪ 119, 120, 137, 151, 154, 161, 163, 197, 198, 209, **213–15**, 215, 218  
de reconhecimento facial ▪ 103, 152  
de segurança de dados ▪ 108, 181  
licença de uso ▪ 188, 214

Stanford, Leland ▪ 29

*stream* de vídeo ▪ 69, 107, 159, 160, **161**, 163, 166, 167, 171, 180, 181, 186, 211, 212  
*multistream* ▪ 119, 155, **161**, 168, 214

*switch* ▪ 156, 161, 164, **181**, 184, 186

176, 178, 188, 210, 211, 212, 219

telecomando ▪ 112, 123, 156, 158, 159, 210, **214**, 215, 219

teletoscópio ▪ 40

*Televue* ▪ *Ver* 3D, tecnologias: de obturador ativo

televisão ▪ 8, 12, 35, **36–87**, 77, 88, 124  
3D ▪ 79–87  
a cabo ▪ 68, 96, 165  
aberta ▪ 98, 99, 197  
analógica ▪ 44, **45–49**, 54, 68, 146, 149  
ao vivo ▪ 12, 93  
branco e preto ▪ *Ver* televisão: preto e branco  
*broadcast* ▪ 99, 129, 185  
CFTV ▪ 99–105  
de alta definição ▪ 71, 74, 77  
de Baird ▪ *Ver* televisão: mecânica  
de LCD ▪ **72–74**, 75, 165  
de LED ▪ 74–76  
de OLED ▪ 78  
de plasma ▪ 72, 74  
de tubo ▪ 74, 76, 96, 165  
digital ▪ 44, 55, **65–87**, 96, 149, 166  
eletromecânica ▪ *Ver* televisão: mecânica  
eletrônica ▪ *Ver* televisão: analógica  
em cores ▪ **51–55**, 90, 93  
mecânica ▪ 33, **40–44**, 47, 48, 49, 52, 58, 81, 86  
monocromática ▪ 53, 95  
no Brasil ▪ 87–98  
por assinatura ▪ 96  
preto e branco ▪ 53, 94  
receptor de ▪ 48, 90  
*smart TV* ▪ 69, 107  
UHDTV ▪ 78  
via satélite ▪ 49, 68, 93, 94, 165

televisão de Baird ▪ *Ver* televisão mecânica

televisor ▪ 12, 68, 69, 71, 84, 93, 95, 96, 165, 169

*televisor* (televisão de Baird) ▪ 43, 44

TFT (*Thin-Film-Transistor* - Transístor de Película Fina) ▪ 76, 202

*Théâtre Optique* ▪ **19**, 33

Thomson, J. J. ▪ 45

Tihanyi, Kálmán ▪ 72

*tilt and scan* (formato) ▪ 198

*time-lapse* (gravador) ▪ 102, 128

Ting Huan ▪ 18

topologia de rede ▪ 185, 186–**87**  
*daisy chain* ▪ 187  
em anel ▪ 187  
em árvore ▪ 187  
em barramento ▪ 187  
em estrela ▪ 187  
física ▪ 186  
linear ▪ 187  
lógica ▪ 186  
*mesh* ▪ 187

TPOV (Termo de Permissão de Ocupação da Via) ▪ 188

transceptor óptico ▪ *Ver* interface óptica

transmissão ▪ 91, 115, 164, 165  
analógica ▪ 68, 159  
ao vivo ▪ 155  
banda de ▪ 62, 144, 147, 150, 161, 162  
*broadcast* ▪ *Ver* transmissão: de televisão  
de CFTV ▪ 100, 171, 210  
de imagem ▪ 40

## T

Takayanagi, Kenjiro ▪ 48

taumatrópio ▪ 14, 18

taxa de quadros ▪ 20, 48, 53, 54, 55, 77, 83, 115, 118, 119, 123, 139, **145**, 147, 148, 154, 155, 160, 161, 162, 167, 168,

de telecomando ▪ 159  
 de televisão ▪ 12, **45–49**, 53, 57, 58, 77, 88, 89  
 de televisão 3D ▪ 81  
 de televisão digital ▪ 65–87  
 de televisão mecânica ▪ 40–44  
 digital ▪ 96, 159, 165, **180–87**  
 em cores ▪ 51–55, 90, 94  
 falha de ▪ 166  
 por fio ▪ 182–84  
 protocolos de transferência de dados ▪ *Ver* protocolo (de transferência de dados)  
 via antena ▪ *Ver* antena  
 via cabo ▪ *Ver* cabo  
 via fibra óptica ▪ *Ver* fibra óptica  
 via rádio ▪ 43, 89, 165, *Ver também* rádio  
 via satélite ▪ 49, 68, 93  
*wireless* ▪ 118, 120, **184**  
 Tratado de Óptica (livro) ▪ 23  
 tubo (válvula) ▪ 45, 46, 140  
 tubo de Braun ▪ 48  
 tubo de Crookes ▪ 48  
 tubo, tela de ▪ 47, 71, 74, *Ver também* CRT  
 TV ▪ *Ver* televisão

---

## U

UHDTV (Ultra HD TV) ▪ *Ver* resolução: 4K e 8K  
 UHF (*Ultra High Frequency* - Frequência Ultra-alta) ▪ *Ver* radiofrequência: UHF  
 ultravioleta ▪ 51, 128, 199  
 Ut, Nick ▪ 8

---

## V

vandalismo ▪ 117, 129, 171, 189, **190**, 192  
 varredura ▪ **41**, 42, 44, 46, 48, 49, 53, 54, 78, 79, 150, 154  
   de superfície ▪ 86  
   de volume ▪ *Ver* varredura de superfície  
   entrelaçada ▪ **48**, 54, 77, 150, 154  
   helicoidal ▪ 58  
   progressiva ▪ 72, 77, **150**, 154, 160  
 VCEG (*Video Coding Experts Group*) ▪ 166  
 VFD (*Vacuum Fluorescent Display* - Display Fluorescente a Vácuo) ▪ 73  
 VHF (*Very High Frequency* - Frequência Muito Alta) ▪ *Ver* radiofrequência: VHF  
 VHS (*Video Home System*) ▪ **59**, 60, 61, 149, 159, 160, 168  
 vídeo  
   analítico ▪ **169–79**, 188, 192, 210, 218  
   analógico ▪ 59, 148, 160, 162, 180, 182  
   armazenamento ▪ *Ver* vídeo: gravação de  
   câmera de ▪ 128–58  
   codificador de ▪ *Ver* encoder  
   composto ▪ 143, 159

compressão de ▪ 162–67, 190  
 comunicação ▪ 180–87  
 digital ▪ 8, 55, **61**, 71, 102, 119, 148, 151, 154, **158–79**, 188  
 em rede ▪ *Ver* vídeo: digital  
 exibição de ▪ 71–87  
 gerenciamento de ▪ 213–15  
 gravação de ▪ 57–64, 99, 160, **210–12**  
 inteligente ▪ *Ver* vídeo: analítico  
 IP ▪ *Ver* vídeo: digital  
 padronização de protocolos ▪ 215–16  
 protocolos de transferência ▪ 186  
 servidor de ▪ **209–10**  
*streaming* ▪ 69, 107, **161**, 171, 180, 181  
 transmissão digital ▪ 68  
*wireless* ▪ 185  
*video wall* ▪ 109, 116, 118, 197, 198, **204–8**, 210, 216, 218  
   de cubo ▪ 100, 206  
   de DLP ▪ 205, 207, 208  
   de LCD ▪ 207, 208  
   de tela plana ▪ 206  
   DMD ▪ 207  
 videocassete ▪ 59  
 videodetecção ▪ 102, 117, 122, 158, 161, 167, **169–79**, 172,  
   *Ver também* vídeo: analítico  
*video-tape* ▪ 93  
 visão binocular ▪ *Ver* 3D, tecnologias  
 visão estereoscópica ▪ *Ver* 3D, tecnologias  
 VMS (*Video Management Software*) ▪ *Ver* software: de  
   gerenciamento de vídeo  
 voxel ▪ 86

---

## W

WAN (*Wide Area Network* - Rede de longa distância) ▪ 159  
 WDR (*Wide Dynamic Range* - Ampla Faixa Dinâmica) ▪ **125**,  
   155  
 Wertheimer, Max ▪ 16  
 Wheatstone, Charles ▪ 81  
*widescreen* ▪ 67, **69**, 74, 148  
 Wi-Fi ▪ 185  
 Williams, Richard ▪ 73  
 Wilson, Robert ▪ 72  
*wireless*, comunicação ▪ **184–86**, 186  
 WLAN (*wireless LAN*) ▪ 185  
 Woo Paik ▪ 67

---

## Z

zoom digital ▪ **137**, 148, 154, 198  
 zoom óptico ▪ *Ver* lente: zoom  
 zootrópio ▪ 14, 18, 19  
 Zworykin, Vladimir Kosma ▪ **46**, 47, 48

# BOLETINS TÉCNICOS CET

## TÍTULOS PUBLICADOS

Disponíveis em: [www.cetsp.com.br/consultas/publicacoes/boletins-tecnicos.aspx](http://www.cetsp.com.br/consultas/publicacoes/boletins-tecnicos.aspx)

1. *Redução do Consumo de Combustível: Ações na circulação e no transporte (1977)*
2. *Redução dos Acidentes de Tráfego: Proposta de medidas para um Plano de Ação (1977)*
3. *São Paulo e a Racionalização do uso de Combustível (1977)*
4. *Pesquisa Aerofotográfica da Circulação Urbana: Análise de um Projeto Piloto (1977)*
5. *Noções Básicas de Engenharia de Tráfego (1977)*
6. *Engenharia de Campo (1977)*
7. *Projeto SEMCO: Sistema de Controle de Tráfego em Áreas de São Paulo (1977)*
8. *Ação Centro (1978)*
9. *COMONOR: Comboio de Ônibus Ordenados (1978)*
10. *Sistema de Controle de Tráfego – Aplicação de Programa Transyt (1978)*
11. *POT – Programa de Orientação de Tráfego (1978)*
12. *Controlador Atuado (1978)*
13. *Sinalização Vertical: Montagem e Implantação (1978)*
14. *Fiscalização da Sinalização Horizontal (1978)*
15. *Projeto de Intersecções em Nível – Canalização (1978)*
16. *Métodos para Cálculos da Capacidade de Intersecções Semaforizadas (1978)*
17. *Áreas de Pedestres (1978)*
18. *Transportes por Ônibus Contratado (1978)*
19. *Áreas de Pedestres: Técnicas e Aplicações (1978)*
20. *Impacto de Investimento do Sistema Viário (1979)*
21. *Um Estudo sobre os Problemas de Estacionamento de Veículos (1979)*
22. *COMONOR II: Comboio de Ônibus Ordenados nas avenidas Rangel Pestana e Celso Garcia (1979)*
23. *Educação de Trânsito via Comunicação Social (1979)*
24. *Projeto Piloto: Deficientes Físicos e Visuais (1980)*
25. *Projeto Brigadeiro – Faixa Exclusiva de Ônibus no Contra-fluxo (1980)*
26. *Operação Especial – Visita do Papa João Paulo II (1981)*
27. *Iluminação e Visibilidade (1982)*
28. *Sistema de Administração de Multas – DSV (1982)*
29. *Atividades Básicas da Operação de Trânsito (1982)*
30. *Impacto de Obras na Via Pública (1982)*
31. *Pesquisa e Levantamento de Tráfego (1982)*
32. *Pólos Geradores de Tráfego (1983)*
33. *Áreas de Estacionamento e Gabaritos de Curvas Horizontais (1984)*
34. *Tarifa de Ônibus Urbano (1985)*
35. *Análise e Dimensionamento da oferta de Transportes por ônibus – Metodologia (1985)*
36. *Pólos Geradores de Tráfego II (2000)*
37. *Operação Horário de Pico (2005)*
38. *O Controle de Semáforos em Tempo Real (2005)*
39. *Serviço de Valet - Regulamentação de estacionamento e parada (2006)*
40. *Mobilidade Urbana Sustentável - Fator de inclusão da pessoa com deficiência (2006)*
41. *Manutenção - sistema integrado de gerenciamento (2006)*
42. *Investigação de Acidentes de Trânsito Fatais (2008)*
43. *Cobrança de eventos - Legislação, Razões e Critérios (2008)*
44. *Operação de Trânsito - Um Desafio Permanente (2008)*
45. *Fazendo Escola - Capacitação de Professores (2009)*
46. *Modelo de Atração de Automóveis por Shopping Center (2011)*
47. *Zona de Máxima Restrição de Circulação - ZMRC - Restrição ao Trânsito de Caminhões (2011)*
48. *Nova Paulista - Uma Quebra de Paradigmas (2011)*
49. *Educação a distância (2011)*
50. *História dos estudos de bicicleta na CET (2012)*
51. *Estudo de viabilidade de Zona Azul (2012)*
52. *Visita Técnica a Nova Iorque para analisar a prioridade ao pedestre (2012)*
53. *1000 Relatórios de Investigação de Acidente (2012)*
54. *Planejamento de Tráfego de Eventos Especiais (2012)*
55. *Operação Fórmula I (2012)*
56. *Projeto Operador na Escola - Educação e Engenharia por um trânsito melhor (2014)*
57. *Painéis de Mensagens Variáveis (2015)*
58. *Pesquisa de satisfação: Implantação de Faixas exclusivas e corredores de ônibus (2016)*
59. *Ar condicionado e Wi-Fi nos ônibus da Cidade de São Paulo (2016)*
60. *Eficiência da Fiscalização Eletrônica no Município de São Paulo (2018)*
61. *Acidentes de trânsito com motocicletas: Uma visão do cenário e das propostas de solução no Brasil e no mundo (2019)*



**BOLETIM  
TÉCNICO  
62**

**CET**



**CIDADE DE  
SÃO PAULO**  
MOBILIDADE E  
TRANSPORTES