

HISTÓRIA

Ciências e Fotografia: 500 anos de História (I)

Ana Lucia Pinheiro Lima

Introdução

A humanidade, depois de aproximadamente duzentos mil anos de história, chega ao vigésimo quinto ano do século XXI imersa em uma organização social caracterizada por amplas e profundas transformações.

O tempo da nossa contemporaneidade é urgente e ritmado pelos mais recentes desenvolvimentos tecnológicos. Nas últimas décadas, formou-se uma complexa e abrangente rede de invenções que abrem possibilidades antes inimagináveis na história da humanidade e que se auto desafiam numa corrida pelo posto de mais avançada e poderosa. Essa tecnologia, que hoje se materializa em nossas mãos na forma de um telefone celular, tem suas raízes no século XVI, quando começou a Revolução Científica que, por sua vez, herdou os frutos das investigações acumuladas ao longo dos séculos anteriores. É o conhecimento científico construído pela mente humana que sustenta essa rede.

Paradoxalmente, a superfície lisa e fria das telas funciona como uma sedutora barreira, que nos separa e distancia de toda essa complexidade. Diante das telas, nossos olhos são inundados pela luz. As imagens, mosaicos de pixels, apresentam-se como realidade, uma realidade sem contradições e, portanto, sem questionamentos. Somos convidados a seguir o fluxo imposto por escolhas feitas em outras camadas, inacessíveis ao usuário hipnotizado pelo espelho negro.

Mas, se o questionamento é caminho para o raciocínio crítico e este é terreno fértil para o desenvol-

vimento de novos conhecimentos, é válido perguntarmos sobre como essa espécie de inércia intelectual gerada pela submissão às imagens digitais, que são o código, a linguagem da vida na sociedade informatizada, se reflete na investigação da própria realidade e, conseqüentemente, no mundo do ensino e da pesquisa científica.

As possíveis abordagens para investigar essa questão são tão abrangentes quanto as circunstâncias em que ela se insere. O conjunto de aspectos que contorna a nossa relação com a tecnologia perpassa os principais aspectos da construção do conhecimento: Ciências Exatas, Humanas, Sociais, da Saúde, Biológicas, da Terra, Arte, Religião; toda forma de investigar e explicar a experiência humana foi atingida pelo mundo digital.

Antes de analisarmos os reflexos desses novos “padrões de comportamento”, dessa nova estrutura social modelada pelas novas tecnologias, é fundamental encararmos essa tecnologia, é urgente espiarmos por trás das telas. Como no mito da caverna de Platão, para entendermos as circunstâncias em que estamos inseridos, é preciso olhar de onde vem a luz.

A proposta desse texto, que será publicado em duas edições da Revista de Matemática Hipátia, é construir uma linha do tempo, dos últimos 500 anos, apresentando paralelos entre algumas das principais descobertas/invenções das ciências e a evolução do registro de imagens criadas com a luz. Da investigação a respeito da natureza da luz, até a criação de imagens pelas inteligências artificiais, vamos revisitar alguns dos principais resultados científicos alcançados nesse período. Nessa primeira parte do texto, falaremos dos

acontecimentos até o final do século XIX. Na próxima edição, voltaremos ao início do século XX procurando os primeiros movimentos que culminaram na revolução digital, até chegarmos às novas (novas?) imagens geradas por inteligência artificial.

Recuando um pouco no tempo e estabelecendo uma pequena distância do *tsunami* de imagens em que estamos mergulhados, poderemos refletir criticamente sobre as estruturas que moldam e sustentam a sociedade contemporânea e, conseqüentemente, poderemos ter a chance de sairmos da indiferença e do tédio diante dessas pseudo-imagens-verdades.

A revolução científica e a pesquisa sobre a luz

No início do século XVI, as novas rotas marítimas geraram uma primeira onda de globalização, desencadearam a expansão do comércio e o confronto de civilizações; promoveram conquistas e infortúnios. Influenciaram no fim do feudalismo na Europa e promoveram uma era de exploração, com o surgimento do colonialismo. Foi também um tempo de inovação nas artes e de questionamentos sobre a autoridade religiosa, confrontada pela ideia de que o ser humano podia dar sentido à própria vida.

Os valores humanistas tiveram grande influência nas investigações sobre a realidade. A partir desse momento, a observação dos fenômenos e o posterior questionamento sobre eles, privilegiando o rigor do raciocínio, seriam a base da pesquisa científica.

No livro “De Revolutionibus Orbium Coelestium” (Sobre as Revoluções das Esferas Celestiais [4]), publicado em 1543, Nicolau Copérnico (Polônia, 1473) apresentou um modelo para o universo no qual a Terra não ocupava o centro. As ideias de Copérnico divergiam do que era defendido pela igreja e também das teorias gregas clássicas sobre o universo.

No século seguinte, Galileo Galilei (Itália, 1564), utilizando um telescópio, invenção aprimorada por ele a partir de uma primeira versão holandesa, para observar o movimento de luas de Júpiter, comprovou que as teorias geocêntricas, centradas na Terra, para o universo não poderiam estar corretas, fortalecendo as ideias de Copérnico.

Em 1632, Galileo publica “Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo” (Diálogo sobre os dois principais sistemas mundiais [11]), comparando os modelos geocêntrico e heliocêntrico, centrado no sol. Por questionar a influência dos dogmas religiosos dominantes à época sobre o conhecimento científico, Galileo foi julgado e condenado por heresia.

A pesquisa realizada por Galileo é um marco da história das ciências, pois apresenta um equilíbrio entre experimentos e teorias, que é a base do hoje chamado *método científico*:

observações → perguntas → hipóteses →
experimentações → conclusões → observações →
perguntas → ...

A curiosidade humana sempre se interessou pelos fenômenos relacionados à luz. O primeiro registro sobre a chamada *câmara escura*, uma caixa ou sala fechada, com uma única pequena abertura em uma das paredes por onde passa a luz, projetando-se na parede oposta, encontra-se em um texto do filósofo chinês Mozi do século V a.c. [16]. Tanto Mozi, como também o matemático grego Euclides, um século mais tarde, perceberam que a luz move-se em linha reta. Assim, a imagem projetada na parede de uma câmara escura era refletida de cima para baixo e da esquerda para a direita.

Foi no século XI que o matemático e físico persa Alhazen (Irake, c. 965) escreveu “Kitab al-Manazir” (Livro de óptica [27]), o primeiro tratado sobre os fenômenos envolvendo a luz. No texto, ele apresenta semelhanças de como a luz afeta o olho humano com o que acontece quando a luz penetra na câmara escura. Também argumenta que a visão acontece no cérebro e, portanto, seria influenciada pela experiência pessoal. Alhazen foi um precursor do método científico. Seu trabalho abrangeu, além de matemática e física, filosofia, teologia e medicina, e seus escritos foram referência para muitas pesquisas a partir do século XVI.

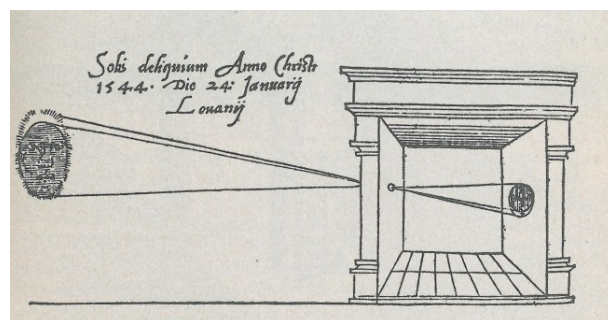


Figura 1: Michelangelo, 1545

Durante a Renascença, além de ser usada na observação de eclipses e outros fenômenos celestes, a câmara escura foi usada por artistas como instrumento auxiliar para desenho e pintura. Leonardo da Vinci (Itália, 1452) foi um desses artistas. Em seus cadernos [5], aparecem centenas de desenhos de câmaras escuras. Na época, espelhos e lentes passaram a com-

por as câmaras, de modo a melhorar a qualidade da imagem projetada.

O matemático e astrônomo Johannes Kepler (Alemanha, 1571), contemporâneo de Galileu, também se interessou em investigar fenômenos astronômicos. Kepler construiu, dentre outras, a teoria matemática que garante a forma elíptica da trajetória dos planetas em torno do sol. Suas observações sobre os corpos celestes, utilizando a câmara escura, o levaram a também dedicar seus estudos para compreender a óptica. “Astronomiae pars optica” (A parte óptica da astronomia [17]) foi publicado em 1604. O trabalho de Kepler estabelece as leis matemáticas da chamada *Geometria Óptica*, demonstrando as leis geométricas que descrevem o fenômeno da produção de imagens feitas pela luz no interior de uma câmara escura e também os efeitos da luz no interior do olho humano. Kepler, a partir de resultados da anatomia humana conhecidos na época, explicou como as imagens se formavam na retina do olho e não no cristalino, como se acreditava até então.

Na pesquisa de Kepler, as leis matemáticas da astronomia e da óptica se encontram.

Também é importante destacar que o trabalho de Kepler delimita quais aspectos do fenômeno da visão caberia à óptica e a geometria, isto é, o que acontecia no olho. O caminho que a imagem formada na retina seguia a partir dali era outro fenômeno. Era um prenúncio de um tempo de especialização das pesquisas científicas.

Em seus cálculos, Galileu e Kepler usam argumentos que mais tarde seriam fundamentados matematicamente na teoria do cálculo infinitesimal elaborada por Isaac Newton e Gottfried Leibniz, no século seguinte, de maneira independente.

Na segunda metade do século XVII, o cientista Isaac Newton (Inglaterra, 1642), considerado por muitos como o maior de todos os cientistas, apresentou o conjunto de leis que regula o movimento dos corpos e a lei da gravitação universal, generalizando os resultados de Galileu e Kepler. Seu livro “Philosophiae Naturalis Principia Mathematica” (Princípios matemáticos da filosofia natural [22]) foi publicado em 1687. As pesquisas feitas por Newton também envolviam a luz. Em “Optics” (Ótica [23]), publicado em 1704, ele apresentou a teoria sobre a *dispersão da luz*: a separação da luz branca (luz do sol) em um espectro de sete cores, ao passar por um meio transparente.

O trabalho de Newton foi profundamente influenciado por René Descartes, matemático, físico e filósofo francês (1596), autor da célebre frase “Penso, logo existo.”, e do tratado “Discours de la méthode”

(Discurso do método [6]), publicado em 1637, onde ele apresenta o *método dedutivo* para investigação científica baseado em quatro etapas: evidência, análise, síntese, verificação. Criador da geometria analítica, que usa a simbologia algébrica para descrever objetos geométricos, Descartes também investigou fenômenos envolvendo a luz. Em “La Dioptrique” (A dióptrica [7]), de 1637, aplicou o método dedutivo para explicar matematicamente o fenômeno da *refração da luz*: quando a luz muda de direção ao mudar de um meio de propagação para outro. Os trabalhos de Descartes e Newton completam a teoria óptica que explica o fenômeno do arco-íris.

O matemático e físico Christiaan Huygens (Holanda, 1629) também publicou importante trabalho sobre a natureza da luz e suas propriedades. Em seu livro “Traité de la lumière” (Tratado sobre a luz [15], 1690), apresenta uma teoria ondulatória para explicar a natureza da luz. Huygens é considerado um dos primeiros cientista a usar o rigor matemático para explicar um fenômeno não observável [8]. Com o avanço do uso dos símbolos algébricos como ferramenta para tratar assuntos complexos, a pesquisa em matemática que até então se inspirava em fenômenos da natureza e dedicava esforços a explicá-los, passou a ser capaz de investigar problemas abstratos.

No início do século XVIII, teorias físicas e matemáticas explicando fenômenos envolvendo a luz estavam bem fundamentadas. Já sobre a natureza da luz, os estudiosos se dividiam em dois grandes grupos: luz como onda, como Huygens, e luz como partícula, como Newton. Foram necessários mais dois séculos de pesquisas para que as teorias sobre a natureza dual da luz, onda e partícula, fossem finalmente estabelecidas.

Embora os efeitos da luz na pele humana e nos objetos fossem observados e investigados desde a antiguidade, foi a partir das pesquisas feitas pelo alquimistas, considerados os primeiros químicos, durante a idade média, que as propriedades que algumas substâncias químicas possuem de transmutar (escurecer) sob a ação da luz foi investigado com rigor científico.

O primeiro registro da produção da substância química *nitrato de prata*, conseguida dissolvendo prata em ácido cítrico, aparece em escritos do alquimista Geber (Irã, c. VIII). Os também alquimistas Angelo Sala (Itália, 1576) e Johann Heinrich Schulze (Alemanha, 1687) descobriram a propriedade do nitrato de prata escurecer sob a ação da luz solar [9]. Em 1610, Sala anunciou a descoberta, mas como não parecia haver uma aplicação imediata, o fenômeno foi dei-

xado de lado, inclusive pelos alquimistas. Em 1717, Schulze demonstrou que era, de fato, a luz e não o fogo que escurecia o nitrato de prata, como alguns acreditavam. Ele usou uma “máscara com texto vazado” para cobrir uma garrafa contendo o nitrato de prata e expôs a garrafa à luz do sol. Após um tempo de exposição, a porção da substância exposta à luz escureceu e, retirada a máscara, o texto ficou “impresso” no vidro. Embora o experimento tenha funcionado bem, a impressão durou apenas o tempo necessário para que todo o nitrato de prata escurecesse.

A partir daí, iniciou-se a busca por um método efetivo de escrita usando a luz.

A fotografia como produto da revolução industrial

O desenvolvimento das ciências durante o século XVIII foi marcado pela consolidação do rigor das metodologias de pesquisa surgidas nos séculos anteriores. Na matemática, o uso do cálculo infinitesimal deu origem a novas áreas de pesquisa, como análise e geometria diferencial. A ênfase na razão, as críticas às superstições e o questionamento do poder absoluto, representados pela monarquia e pela igreja, eram marcas do *iluminismo*. Os ideais de igualdade e liberdade pregados pelo movimento, iniciado na França no final do século XVII e que se tornou popular durante o século XVIII, ressoaram nas colônias europeias nas Américas. Os movimentos de independência dos EUA (1776), do Haiti (1804), e também a Inconfidência Mineira (1789) e a Revolta dos Alfaiates (Bahia, 1798), foram movimentos emancipatórios com fortes valores iluministas.

O século XVIII também testemunhou o desenvolvimento da *revolução industrial*. Com a invenção das máquinas, o método de produção de bens passou a ser mecânico. Assim como a expansão marítima, as mudanças nos meios de produção também redefiniram as forças que sustentavam a organização social, bem como o equilíbrio entre elas.

As pesquisas sobre substâncias que reagiam à ação da luz continuaram. No início do século XVIII, foram descobertas outras substâncias que também eram sensíveis à luz. Os sais de ferro, por exemplo, mudam de cor sob a ação da luz, criando um pigmento azul-escuro, nomeado de *azul da Prússia*. As imagens criadas usando essas substâncias, embora impressionassem pela definição, parecendo-se com imagens refletidas em um espelho, eram fugidias; rapidamente toda a superfície sensibilizada com a substância química tornava-se completamente escura. O desafio era

encontrar uma maneira de interromper a ação da luz, fixando essas imagens.

No início do século XIX, John Herschel (Inglaterra, 1792), matemático, químico, astrônomo, descobriu a substância hipossulfito de sódio e que esta tinha a propriedade de dissolver o nitrato de prata. Ao publicar seu resultado no *Edinburg Philosophical Journal* ([14] 1819), ele descreve o fenômeno como “a prata derrete como açúcar na água”. Na época, pouca atenção foi dada às propriedades da nova substância, inclusive pelos que investigavam a sensibilidade da prata à luz.



Figura 2: Niépce, Heliografia, 1827

Joseph Nicéphore Niépce (França, 1765) e Louis Daguerre (França, 1787) são nomes que entraram na história como inventores da fotografia. Niépce, na década de 1810, enfrentou as dificuldades da fixação das imagens criadas utilizando sais de prata e uma câmara escura, mas não obteve sucesso. Em seus experimentos, além da prata, ele passou a utilizar o *betume da judéia*, um derivado do asfalto natural, que endurece sob a ação da luz solar. Em 1822, Niépce, em correspondência com seu irmão, anuncia que conseguiu produzir a primeira imagem utilizando essa substância, tendo como suporte uma placa de vidro exposta à luz dentro de uma câmara escura. Essa primeira imagem não resistiu ao tempo, possivelmente pela fragilidade do vidro. A fotografia mais antiga, feita por Niépce, utilizando betume sobre uma placa de estanho exposta à luz dentro de uma câmara escura, hoje encontra-se exposta no museu *Harry Ransom Center*, Texas – EUA. Datada de 1827, a placa serviu como matriz para a produção de cópias da imagem. A técnica criada por Niépce hoje é chamada de *heliografia*.

Nos anos seguintes, Niépce também procurou atri-

morar o uso das lentes acopladas à câmara escura, para aperfeiçoar a nitidez das imagens e diminuir o tempo de exposição que era muito longo, inviabilizando a comercialização do invento. Nessa busca, Niépce teve contato com Daguerre, que também trabalhava na produção de imagens utilizando a luz. Os dois usavam o serviço da ótica parisiense de Jacques Chevalier (França, 1777), que colocou os dois em contato. Niépce e Daguerre trabalharam juntos com experimentações com iodeto de prata e mercúrio. Niépce faleceu em 1833. Daguerre continuou as pesquisas e, em 1839, anunciou o processo fotográfico chamado de *daguerreótipo*. Cada imagem feita pelo daguerreótipo era única, como uma jóia. A patente do novo aparelho foi vendida ao governo francês no mesmo ano, que a tornou domínio público. Rapidamente, a fotografia ganhou o mundo. [9]

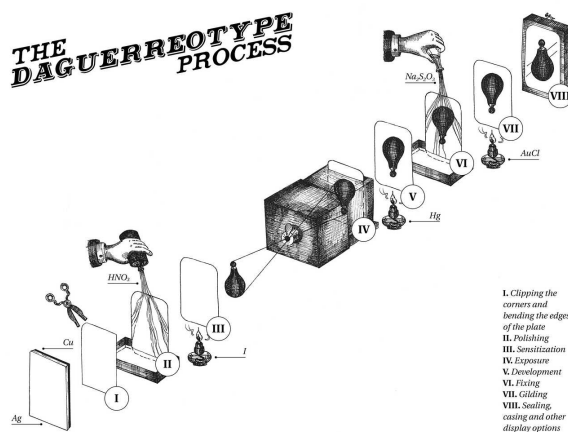


Figura 3: Daguerreótipo, Daguerre, 1839

A *reprodutibilidade* que caracteriza a fotografia foi conseguida a partir do trabalho de William Fox Talbot (Inglaterra, 1800), que inventou as técnicas do *papel salgado* e do *calótipo*, na década de 1830, processos fotográficos realizados em duas etapas: negativo e positivo [9]. A química usada era baseada no nitrato de prata, mas a grande novidade era a produção de uma primeira imagem em negativo, utilizando uma câmara escura, que depois seria usada como matriz para a reprodução da mesma imagem, agora exposta diretamente à luz do sol, processo chamado *fotograma*, fotografia sem câmera. Em 1843, Talbot também desenvolveu uma técnica de ampliação, reproduzindo cópias de tamanho maior do que o negativo. Esses métodos de reprodução/ampliação foram a base do processo fotográfico até a invenção da fotografia digital, mais de cem anos depois.

Todos esses experimentos que obtiveram sucesso na impressão de imagens usando o nitrato ou o io-

deto de prata exposto à luz solar, utilizavam o hipossulfito de sódio, descoberto por Herschel vinte anos antes, para fixar as imagens.

Entre 1833 a 1839, o francês Hercule Florence (1804), vivendo em Campinas – Brasil, desenvolveu uma pesquisa inédita e independente, buscando imprimir imagens usando a luz. O jovem Florence chega ao Brasil em 1824, desembarcando no Rio de Janeiro em busca de experiências no novo mundo. Entre 1825 e 1829, participou da expedição científica Langsdorff, como desenhista. A expedição, patrocinada pelo governo russo e chefiada pelo barão Georg von Langsdorff, médico alemão naturalizado russo, tinha o objetivo de aproximar as relações entre Rússia e Brasil, recém independente de Portugal. A viagem passou por Minas, São Paulo e seguiu até a Amazônia. Florence também foi o responsável pelo relato da expedição ao final da jornada.

No início da década de 1830, já estabelecido em Campinas, Florence, autodidata e profundamente influenciado pelo período de viagem na expedição, pesquisou a *zoophonia*, estudo das vozes dos animais, e, para divulgar suas descobertas, desenvolveu um método de impressão que ele chamou de *poligrafia*. Embora independente de Portugal, a estrutura econômica e social do Brasil era comparada à estrutura feudal, rural e escravocrata, do século XV. A circulação de informações era muito limitada. A prensa móvel, inventada por Johannes Gutenberg (Alemanha, c.1400), em 1450, que tinha sido fundamental na divulgação do conhecimento produzido durante a revolução científica, ainda era artigo raro no Brasil Império. Nos anos seguintes, Florence aperfeiçoou seu invento, obtendo sucesso na comercialização de materiais impressos.

Tendo tido conhecimento das propriedades do nitrato de prata sob ação da luz, Florence passou a pesquisar a impressão usando a substância. Aproximadamente em 1833, Florence produziu rótulos para produtos farmacêuticos já utilizando o método de impressão com o nitrato de prata inventado por ele. Continuou as pesquisas e tentou divulgar seus resultados, sem ter conseguido reconhecimento, até 1839, quando a notícia sobre a invenção de Daguerre foi publicada pela imprensa brasileira.

Os diários escritos por Florence, descrevendo as experiências feitas e os resultados obtidos no período, inclusive usando a palavra *fotografia*, que significa escrita com a luz, alguns anos antes de Herschel, que oficialmente foi o primeiro a usar palavra em 1839, são a documentação histórica dos feitos alcançados por ele. Mais de cem anos depois, o pesquisador e fo-

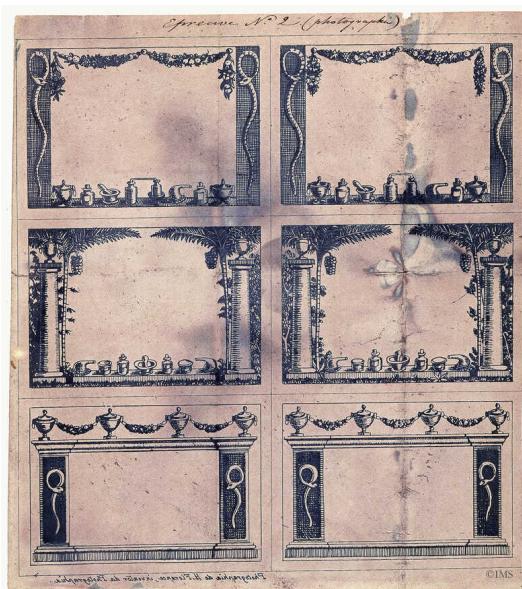


Figura 4: Rótulos farmacêuticos, Florence, c. 1833

tógrafo brasileiro Boris Kossoy publicou sua pesquisa sobre vida e obra de Hercule Florence em sua tese de doutorado (USP, 1979 [18]). Antes disso, os feitos de Florence estavam apagados da história oficial da fotografia. Esse evento permite uma reflexão sobre como a História é construída e como o acesso a recursos e o poder da narrativa influenciam no registro dos acontecimentos.

Em 1850, os fundamentos científicos para a produção de uma fotografia estavam bem estabelecidos. Sob a influência da expansão das indústrias, o êxodo do campo para as cidades desencadeou o início de problemas estruturais que precarizavam as condições de vida dos habitantes dos centros urbanos. Pesquisas científicas para enfrentar os novos problemas surgiam. Como exemplo, na década de 1860, o microbiologista francês Louis Pasteur (1822) desenvolve o processo de *pasteurização*, que elimina microorganismos causadores de doenças, aumentando a segurança alimentar. O trem, inventado em 1804, foi fundamental na expansão da industrialização, encurtando distâncias e tempo, permitindo uma maior circulação de mercadorias e pessoas. A economia tornou-se centrada na indústria. A *burguesia industrial* surge como a classe que detém os meios de produção: fábrica, máquinas e matéria prima, usando como mão de obra os trabalhadores assalariados.

A fotografia se adaptou bem a esse contexto, servindo bem à essa nova classe burguesa nascida das revoluções iluminista e industrial, fundamentalmente urbana. Era a primeira vez que pessoas fora da nobreza e da aristocracia, parte da sociedade que circundava a nobreza, tinham a possibilidade de perpe-

tuar a sua própria imagem.

Patenteado pelo fotógrafo francês André Disdéri, em 1854, o formato dos “cartes de visite” (cartões de visita) possibilitaram a produção em massa, sintonizado ao ritmo industrial, de pequenos retratos que eram colados em cartões de papel rígido e depois distribuídos entre familiares e amigos. Os cartões de visita tornaram-se um importante símbolo de status social. [32]

Desde os primeiros anos após a invenção da fotografia, esta passou a ser usada como ferramenta de investigação e registro da realidade.

O livro “Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions” (Fotografias de algas britânicas: impressões em cianotipia, 1843 [1]), de Anna Atkins (Inglaterra, 1799), é considerado a primeira publicação ilustrada com fotografias. A produção dos exemplares foi totalmente manual e a autora utilizou o método de impressão de fotogramas utilizando sais de ferro chamado *cianotipia*, inventado por John Herschel, em 1842. As imagens azuis das algas presentes no livro foram um marco nos estudos da botânica pois, até então, todo o registro de plantas era feito em desenhos, cuja precisão e detalhamento dependiam da habilidade dos desenhistas. Os livros que resistiram ao tempo, hoje se encontram em museus e centros de pesquisa e preservação.

O início do fotojornalismo foi marcado pela publicação da primeira imagem fotográfica em jornal, em 1848. A impressão sobre gravura feita a partir de um daguerreótipo, foi o registro visual de uma rua de Paris com barricadas, durante as revoltas ocorridas na cidade naquele ano. Duas imagens feitas por um morador, da janela do seu apartamento, foram publicadas no *L'Illustration*, jornal de circulação semanal [38].

As observações de corpos celestes, tão importantes para o desenvolvimento das ciências, também se beneficiaram da invenção. A primeira fotografia bem sucedida da lua foi feita por John W. Draper (Inglaterra/EUA), em Nova Iorque 1840 [31], e a primeira fotografia do sol foi feita pelos físicos franceses Hippolyte Fizeau e Léon Foucault, em 1845. Ambas usando o daguerreótipo. [33]

No início da segunda metade do século XIX, a figura do fotógrafo e as funções da fotografia faziam parte do funcionamento da sociedade industrial. Mas, nas décadas seguintes, uma nova etapa da revolução industrial iria se impor sobre a ordem estabelecida, mudando novamente a organização social. A fotografia iria acompanhar as mudanças.

A segunda revolução industrial e a sociedade moderna

Duas importantes evoluções técnicas permitiram novas possibilidades no registro de imagens usando a luz, ainda no século XIX.

A primeira delas foi a invenção da fotografia colorida.

Seguindo as pesquisas de Newton sobre óptica, onde ele estabelece a decomposição da luz branca em sete cores, o físico e matemático James C. Maxwell (Escócia, 1831) publicou o artigo “On the theory of compound colors, and the relations of the colours of the spectrum” (Sobre a teoria das cores compostas e as relações das cores do espectro, 1860 [20]), onde demonstra que a luz de qualquer cor pode ser conseguida adicionando luzes nas três cores: vermelho (R), verde (G) e azul (B). A teoria de Maxwell se baseia na anatomia e funcionamento do olho humano, que enxerga cores através de três tipos de células, chamadas cones, localizadas na retina. Em 1854, a pesquisa de Carl Bergmann, anatomista alemão (1814), mostrava que as células cones, que detectam cores, e as células bastões, que detectam a intensidade luminosa, localizadas na retina, eram as responsáveis pela conversão da luz em sinais neurais [3].

A primeira fotografia colorida foi construída por Thomas Sutton (Inglaterra, 1819), em 1861, usando projeção de luz através de filtros nas três cores RGB, a partir de um artigo de Maxwell, publicado em 1855 [44].

O processo para a impressão colorida teve sucesso a partir de 1868, quando Louis Ducos du Hauron (França, 1837) patenteou um método utilizando tintas nas cores: ciano (C), magenta (M) e amarelo (Y), sobre papel branco [9], baseado na propriedade dos materiais, nesse caso específico do papel e das tintas, absorverem partes do espectro da luz e refletirem outras. A mesma propriedade era a base das técnicas usadas pelos artistas pintores na aplicação de tintas e pigmentos naturais nas cores vermelho, azul e amarelo sobre madeira, pedra e, posteriormente, sobre telas. A utilização das cores CMY mostrou-se mais eficiente na construção de uma maior gama de cores, em relação aos resultados conseguidos utilizando as cores RYB, aumentando assim a qualidade da imagem impressa.

Atualmente, os sistemas *aditivo*, utilizando luzes nas cores RGB, e *subtrativo*, utilizando tintas nas cores CMYK, onde K refere-se a cor preta, são empregados na construção de imagens nas telas dos aparelhos digitais e nas impressões gráficas, respectivamente.

Antes da popularização da impressão colorida, que ocorreu já no século XX, a coloração das imagens fotográficas era feita manualmente. Muitos artistas pintores passaram a trabalhar com fotografia e alguns voltaram seu interesse para esse tipo de atividade, que se transformou em grande sucesso comercial. A relação da fotografia, recém inventada, e a arte, que na época era a chamada arte acadêmica: desenho, gravura, pintura, escultura, arquitetura; ainda estava iniciando.

No *impressionismo*, movimento artístico nascido na França, na década de 1870, os pintores abdicaram do dever de registrar a realidade. Agora, a fotografia podia fazer essa tarefa. Também o físico alemão Hermann von Helmholtz (1821), interessado em estabelecer teorias matemáticas sobre a percepção visual, afirmou em seu livro “Handbuch der Physiologischen Optik” (Tratado sobre óptica fisiológica, 1867 [13]), que uma perfeita representação da natureza seria impossível, pois a escala de pigmentos é infinitamente menor do que a escala da luz, estabelecendo limites técnicos para a precisão exigida das obras de arte. A partir daquele momento, os artistas estavam livres para representar suas sensações sobre natureza, sociedade e outros temas, através da sua arte.

A impressão fotográfica usando a substância platina contribuiu para que a própria fotografia passasse a ser considerada uma forma de arte.

O contato dos europeus com a platina aconteceu na América do Sul, no século XVI, quando encontraram artefatos religiosos e utilitários produzidos por povos originários da região onde hoje se localiza a divisa entre Equador e Colômbia. A fabricação das peças era feita utilizando a técnica de *sinterização*, transformando o metal em pó em uma massa sólida sem fundi-lo completamente. A técnica só seria totalmente dominada pelos europeus durante a revolução industrial.

A primeira patente sobre a impressão fotográfica usando platina foi registrada em 1873, por William Willis (Inglaterra, 1841). No final da década de 1880, o processo estava consolidado. O valor artístico desse tipo de impressão se relaciona com o fato de que a emulsão de platina é aplicada diretamente no papel, diferente da prata que precisa ser acrescentada a um meio gelatinoso que permanece sobre o papel, sem penetrá-lo. Assim, a imagem impressa com a platina adquire profundidade, alcançando uma ampla gama de tonalidades de cinza. A impressão em platina é a mais durável dentre todos os tipos de impressão pela estabilidade física e química do metal. A estabilidade da platina, além da alta condutibilidade elé-

trica, tornou-a importante para a indústria militar no século XX. Com o aumento da demanda, o preço do metal tornou-se excessivamente caro, restringindo o seu uso para a impressão fotográfica. [12]

O segundo grande avanço técnico da fotografia, na segunda metade do século XIX, foi a invenção da primeira máquina fotográfica portátil, patenteada em 1888, por George Eastman (EUA, 1854) e comercializada por sua empresa Kodak, fundada em 1884, em sociedade com Henry Strong (EUA, 1838).

No final do século XIX, a invenção de Eastman tinha tornado a fotografia um produto industrial e comercial de grande sucesso.

A promessa na publicidade da nova mercadoria era

“Você aperta o botão, ... nós fazemos o resto.”



Figura 5: Propaganda Kodak, 1888

A frase é quase uma antítese perfeita do equilíbrio proposto por Galileu em seu método científico.

A máquina fotográfica portátil era uma pequena câmara escura, acoplada com uma lente fixa e munida com um filme fotográfico de cem exposições. Não tinha visor. Após fazer o registro das imagens, a máquina era levada ao laboratório da empresa, para que o filme fosse tratado quimicamente e, em seguida, as imagens fossem impressas, empregando o mesmo sistema negativo-positivo inventado cinquenta anos antes.

O filme fotográfico utilizado na câmara também era produzido pela empresa. No ano de fundação, a Kodak lançou o primeiro filme fotográfico usando como suporte o *celulóide*, o primeiro material plástico fabricado com sucesso comercial, patenteado pelo engenheiro John Hyatt (EUA, 1837), em 1872. [36]

Além da facilidade do manuseio do aparelho, a produção em massa da primeira câmara fotográfica portátil permitiu que o custo da produção fotográfica diminuísse, ajudando a tornar a fotografia popular. E,

junto com a popularização, criou-se uma distância entre o processo técnico da produção da imagem, baseado em teorias científicas, e o indivíduo que “cria” a imagem apertando um botão. Antes, a figura do fotógrafo, como o detentor do *saber fazer* estava presente, orquestrando a condução do processo. Nesse momento, como é característico da produção industrial, o produto final *fotografia* se afasta da linha de produção, dos trabalhadores e dos saberes envolvidos no processo, fenômeno que só se acentuou, desde então.

As pesquisas sobre a luz permitiram a descoberta de fenômenos “semelhantes à luz”, mas fora do espectro visível aos olhos humanos. Em 1800, o astrônomo William Herschel (Alemanha, 1738), descobriu a onda de luz infravermelha. Herschel foi o descobridor do planeta Urano e também foi o primeiro a investigar o movimento do sol no espaço. Pouco tempo depois, em 1801, motivado pela descoberta dos raios infravermelhos, Johann Ritter (Alemanha, 1776), pesquisando sobre sais de prata, descobriu os raios ultravioletas. A descoberta do raio X aconteceu em 1895, pelo físico alemão Wilhelm Roentgen (1845) que, fazendo experimentos sobre a luminescência de materiais utilizando uma câmara escura, observou que os raios gerados por um tubo de Crookes, aparelho que gera raios de elétrons, tinham a propriedade de atravessar alguns materiais, mas não outros. A primeira imagem produzida usando raios x, chamada *radiografia*, que é precisamente uma fotografia utilizando esse tipo de raio, foi a mão da esposa do cientista posicionada entre o tubo e a câmara escura com um papel fotográfico dentro. A radiografia permitiu, pela primeira vez, a visualização do interior do corpo humano, sem a necessidade de cirurgia. [26]

O estudo do movimento dos corpos foi outro tema de investigação que se beneficiou do uso da fotografia.

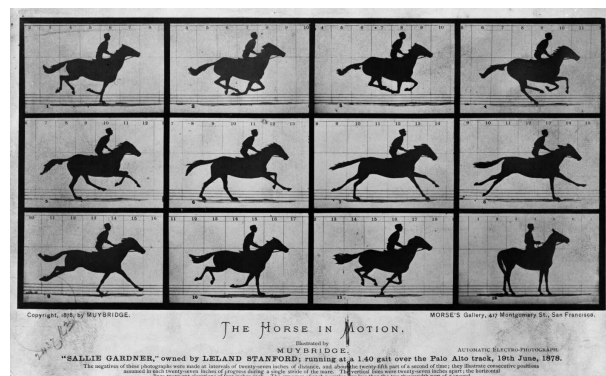


Figura 6: O cavalo em movimento, Muybridge, 1878

O aparelho *zoopraxiscópio*, tendo como tradução

livre do grego “aparelho para observar a vida na prática”, inventado em 1879, pelo fotógrafo inglês Eadward J. Muybridge (1830) [40], projetava uma série de fotografias de um objeto em movimento, feitas em vários instantes e em um curto intervalo de tempo. A projeção rápida da sequência de fotografias dava ao observador a ilusão do movimento do objeto. A técnica usada para o registro da série de imagens chama-se *cronofotografia* e começou a ser desenvolvida logo após à invenção.

Joseph Plateau, matemático e físico belga (1801), em sua tese de doutorado [25], foi o primeiro a estudar a duração da imagem na retina. Em 1832, décadas antes de Muybridge, Plateau inventou o aparelho *fenacistoscópio*, um instrumento que criava a ilusão de movimento, utilizando desenhos de um mesmo objeto em diferentes posições. Esse aparelho é considerado o primeiro dispositivo de animação.

O desenvolvimento desses experimentos e aparelhos, mais tarde, culminaria na invenção do cinema.

Na segunda metade do século XIX, a *indústria da energia* e a *indústria das comunicações* se expandiram, tornando-se grandes conglomerados. Concentrando riqueza e poder, moldaram o desenvolvimento científico e tecnológico, influenciando nos rumos da sociedade.

A principal fonte de energia durante a primeira fase da revolução industrial foi o *carvão mineral*, que alimentava as máquinas à vapor e os fornos das indústrias metalúrgicas.

Com a primeira patente do motor à combustão interna, registrado em Londres, em 1854, pelos engenheiros italianos Eugenio Barsanti (1821) e Felice Matteucci (1804), e os posteriores aprimoramentos da invenção, o *petróleo*, fonte de energia química, passou a ser o principal combustível dos motores. Desde então, a extração de petróleo tornou-se fator decisivo no desenvolvimento industrial dos países, e na consequente geração de riquezas. Entre os países que mais produziram petróleo no século XIX estavam os Estados Unidos, a Rússia e o Azerbaijão. A indústria petroquímica passou a ser um importante ramo da indústria química, sendo responsável pela produção dos derivados do petróleo, como combustíveis e plásticos.

Podemos dizer que a história do uso da eletricidade como fonte de energia para o funcionamento de motores, se inicia na antiguidade, quando tempestades e peixes que “dão choque” despertavam a curiosidade de todos e eram investigados pelos que se dedicavam à busca de explicações. Também não seria exagero dizer que, assim como a luz, a eletricidade e o mag-

netismo foram objetos de investigação dos principais cientistas até aquele momento. No século XIX, as pesquisas sobre a eletricidade, assim como as suas interações com a luz e o magnetismo ganharam impulso.

A relação entre eletricidade e magnetismo foi descoberta em 1819, quando Hans Christian Oersted (Dinamarca, 1777), identificou que a posição da agulha magnética de uma bússola sofria interferência ao se aproximar de um fio por onde passava energia elétrica. [24]

Em 1831, Michael Faraday (Inglaterra, 1791) descobriu o fenômeno da *indução eletromagnética*, a geração de energia elétrica através da variação de um campo magnético. [10]

Edward Becquerel (França, 1820), pesquisando as propriedades do brometo de prata, em 1839, descobriu o chamado *efeito fotovoltáico*, a criação de corrente elétrica em um material, após a sua exposição à luz. [2]

Em 1873, os resultados das pesquisas realizadas pelo físico e matemático James Maxwell, entre 1850 e 1870, foram condensadas no livro “A treatise on Electricity and Magnetism” (Tratado sobre eletricidade e magnetismo [21]). Nessa obra, estão estabelecidas as equações que unificam os três campos: eletricidade, magnetismo e luz. Segundo a teoria de Maxwell, a luz pode ser considerada como uma propagação de *ondas eletromagnéticas*. Maxwell é considerado o terceiro mais influente físico da história, Newton e Einstein ocupando as duas primeiras posições.

A existência das ondas eletromagnéticas, previstas teoricamente pelas equações de Maxwell, foram detectadas, experimentalmente, em 1887, por Heinrich Hertz (Alemanha, 1857). Na sua pesquisa, Hertz descobriu as ondas de rádio, que, mais tarde, seriam utilizadas para transmitir som.

Nos anos seguintes, as ondas eletromagnéticas se tornaram a principal ferramenta das duas indústrias: energia e comunicações.

O uso da energia elétrica pelas indústrias foi possível a partir da invenção do *dinamo*, aparelho que converte energia mecânica em energia elétrica, através da indução eletromagnética. Um modelo de dinamo que poderia ser usado efetivamente pela indústria foi desenvolvido por Henry Wilde (Inglaterra, 1833). Os resultados de sua pesquisa foram apresentados à Royal Institution, por Michael Faraday, em 1866 [28]. O primeiro trem com motor elétrico foi lançado pela empresa alemã Siemens & Halske, em 1879.

Com a invenção do motor elétrico, começou a adaptação das indústrias ao novo tipo de energia, iniciando-se a *segunda fase da revolução industrial*.

Além do funcionamento das máquinas, a energia elétrica passou a ser usada para a geração de luz. Thomas Alva Edison (EUA, 1847), inventor e homem de negócios, era um dentre os muitos inventores, de vários lugares do mundo, que buscavam a criação de um dispositivo que transformasse energia elétrica em luz. Edison patenteou a lâmpada elétrica incandescente em 1880.

O próximo objetivo de Thomas Edison foi construir um sistema de produção e distribuição de energia elétrica em grande escala para o uso em iluminação. Em 1882, o sistema foi inaugurado, atendendo consumidores de Nova Iorque, sendo a fonte de energia elétrica uma usina termoelétrica, alimentada por carvão mineral. A primeira hidrelétrica foi inaugurada no mesmo ano, no rio Fox, nos Estados Unidos. Edison era um dos envolvidos no projeto.

A corrente elétrica distribuída pela empresa de Edison era contínua, o que impedia a transmissão para longas distâncias. Nikola Tesla (Sérvia, 1856), inventor do *motor por indução*, também foi o inventor da *corrente alternada*, que tinha a vantagem de permitir a transmissão por longas distâncias. Em sociedade com Tesla, George Westinghouse, inventor e empreendedor industrial americano (1846), passou a disputar o fornecimento de energia com Edison, episódio que é conhecido como “a guerra das correntes” [35]. No final do século, a corrente alternada tinha sido adotada como o padrão de transmissão de energia elétrica.

A empresa Westinghouse Electric Manufacturing Company, fundada por George Westinghouse em 1886, agora, no século XXI, atua na geração de energia nuclear. Edison participou da fundação das empresas Edison Lamp Company (lâmpadas), Edison Machine Works (dínamos e motores elétricos), Bergman & Company (luminárias, tomadas e outros acessórios para iluminação elétrica), Edison Illuminating Company (estações de geração de energia elétrica). As empresas de Edison foram precursoras da empresa General Electric. Recentemente, a GE foi reestruturada e dividida em três empresas que produzem: motores para aviões, turbinas eólicas e tecnologias para a produção de energia renovável, aparelhos tecnológicos voltados para a área de saúde. [34]

A indústria da comunicação foi completamente transformada com a invenção do *telégrafo*. A invenção atualizou a troca de informações, conhecimentos e sentimentos para a era industrial.

A tecnologia empregada na invenção envolvia eletricidade e magnetismo. O primeiro telégrafo eletromagnético foi construído pelos alemães Carl Frie-

drich Gauss (sim, o matemático!) e o físico Wilhelm Weber, em 1833. Os dois, que pesquisavam juntos sobre magnetismo, conectaram o observatório e o instituto de física da Universidade de Göttingen, onde trabalhavam, com fios de transmissão.

Em 1844, Samuel Morse (EUA, 1791) inaugurou uma linha de telégrafo entre as cidades de Washington DC e Baltimore, nos Estados Unidos, construída ao longo da estrada de ferro que ligava as cidades. Além da versão comercial do telégrafo, Morse criou o código que se tornou padrão para as transmissões das mensagens de texto. Em 1845, fundou a Magnetic Telegraph Company com o objetivo de construir linhas de telégrafo ao longo do país. As tentativas de expandir os negócios instalando cabos submarinos entre a Europa e a América do Norte foram iniciadas na década de 1850. O feito foi alcançado em 1866, tornando possível a comunicação entre os dois continentes através do telégrafo.

A próxima etapa na evolução do envio de dados envolveu a transmissão do som. Alexander Graham Bell (EUA, 1847) patenteou o telefone eletromagnético em 1876. A Bell Telephone Company foi fundada em 1877 e, em 1899, transformou-se em AT&T — American Telephone and Telegraph Company. Em 1915, foi feita a primeira ligação telefônica transcontinental entre Boston, na costa atlântica, e São Francisco, costa pacífica, dos Estados Unidos. O primeiro cabo telefônico submarino foi instalado em 1956, ligando Inglaterra e Canadá.

Além de Bell, os inventores Edison e Tesla também desenvolveram aparelhos envolvendo a transmissão e gravação do som. Tesla pesquisou a transmissão de som sem o uso de fios, utilizando as ondas eletromagnéticas de rádio. A invenção do *rádio*, por Guglielmo Marconi (Itália, 1874), aconteceu em 1896. Edison, em 1877, inventou o *fonógrafo* que gravava e reproduzia som. Dez anos depois, Emile Berliner (Alemanha, 1851) patenteou o *gramofone*, que reproduzia sons gravados em discos planos. Ao contrário do fonógrafo, a estrutura de funcionamento do gramofone permitia sua produção pela indústria.

A transmissão de imagens foi o passo seguinte no desenvolvimento da transmissão de dados. Na primeira década do século XX, Arthur Korn, inventor, matemático e físico (Alemanha, 1870), desenvolveu o primeiro dispositivo de varredura fotoelétrica dando origem à *telefotografia* [45]. Vamos continuar essa história na segunda parte do texto.

Diante desse fluxo intenso de invenções ocorridas nesse período, é importante questionarmos de onde vinha o dinheiro que mantinha o ritmo das pesqui-

sas. Os apoios financeiros para a invenção do telégrafo, do telefone e do sistema de produção e distribuição de energia elétrica, são bem ilustrativos da diversidade de situações que poderiam acontecer em qualquer país industrializado ao final do século XIX.

A pesquisa realizada por Morse contou com o financiamento do congresso americano, conseguido por intermédio do parlamentar e advogado Francis O. S. Smith (USA, 1806) que, posteriormente, tornou-se sócio de Morse. Ao final do século XIX, investigar as possibilidades de aplicações de descobertas científicas para o desenvolvimento e aprimoramento das indústrias tornou-se uma questão estratégica para os países, passando assim a receber investimento público [43]. Edison, cuja família paterna era originária da Holanda, pode ser considerado um representante do “sonho americano”, por ter conseguido sucesso pelo próprio trabalho. Mas, é importante destacar que a Electric Light Company, o braço financeiro das empresas criadas a partir das invenções de Edison, era associada à J. P. Morgan (EUA, 1837), banqueiro de investimentos, herdeiro de uma das primeiras famílias inglesas a chegar na colônia americana [39]. Bell, nascido em uma família de professores da Escócia, iniciou sua trajetória nos Estados Unidos também como professor, conseguindo sucesso financeiro suficiente para manter suas pesquisas iniciais. Anos mais tarde, o pai de uma de suas alunas, Gardiner Greene Hubbard, tornou-se amigo e patrocinador dos experimentos de Bell. Hubbard, que viria a ser sogro de Graham Bell, era neto de colonizador inglês estabelecido em Nova Iorque e com fazendas de algodão, café e açúcar na América do Sul [37].

Analisando o contexto que envolveu o avanço tecnológico industrial no final dos anos 1800, podemos perceber que a força desse desenvolvimento foi fruto do espírito inovador e do trabalho de muitos pesquisadores-inventores, mas também foi alimentado pelas riquezas acumuladas nos séculos anteriores, em economias baseadas no feudalismo e no colonialismo.

No final do século XIX, a sociedade e a economia industrializadas exigiam novos desenvolvimentos científicos, com o objetivo de expandir a indústria e torná-la mais eficiente. Os nomes que se destacaram na evolução das indústrias de energia e das comunicações, também tiveram relevância na gerência da continuidade das pesquisas voltadas à indústria, institucionalizando a área de pesquisa científica que passou a ser chamada *ciências aplicadas*.

Nesse sentido, Thomas Edison criou o *Menlo Park Street Laboratory*, considerado o primeiro laboratório

industrial. As invenções desenvolvidas no Menlo Laboratory eram de propriedade de Edison, que possuiu mais de mil patentes registradas em seu nome. Em 1880, Edison foi um dos financiadores do lançamento da revista científica *Science* [42]. Alguns anos depois, Graham Bell e seu sogro Gardiner Hubbard compraram os direitos sobre a revista. Hubbard também foi um dos fundadores da *National Geographic Society*, e o seu primeiro presidente, seguido por seu genro Graham Bell [41].

Para apoiar as pesquisas que realizava com o som, no início da década de 1880, Bell criou o *Volta Laboratory and Bureau*. Em nome do laboratório estão registradas as patentes da invenção do telefone. Em 1915, a empresa AT&T, participante do conglomerado Bell System, inaugurou o *Bell Telephone Laboratories*, que tinha como objetivo consolidar as pesquisas na área de comunicações e suas ramificações. Funcionava com 3.600 funcionários, num prédio de 37.000 m^2 , em Nova Iorque. Nas décadas seguintes, as pesquisas desenvolvidas pelo Bell Labs definiriam os rumos das novas tecnologias envolvendo comunicação. [30]

Diante da importância dos recursos naturais, como água, carvão, petróleo, ferro e outros metais, para a existência das indústrias, os países, que no final do século XIX tinham alcançado a consolidação da sua produção industrial: Inglaterra, França, Bélgica, Alemanha, Itália, Estados Unidos e Japão; passaram a disputar os recursos naturais localizados em outras regiões do planeta. Era o início de um novo período de colonização. Na ata da “Conferência de Berlim”, em 1884, organizada pelo chanceler do Império Alemão, Otto von Bismarck, está escrito o objetivo da reunião: “regulamentar a liberdade do comércio nas bacias do Congo e do Níger, assim como novas ocupações territoriais sobre a costa ocidental da África” [29].

Na virada do século, a fotografia ganhou uma nova função: a de testemunho histórico. Das atrocidades cometidas pela colonização na África, às precárias condições de trabalho nas fábricas, passando pelo registro da natureza e de modos de vida, que não resistiriam às transformações impostas pela industrialização, a fotografia foi uma ferramenta de documentação e denúncia, uma espécie de guardião da memória visual.

Ao final do século XIX, a estrutura social tinha se “modernizado”, tentando se adaptar às muitas e tão profundas transformações. Transformações que, de maneira semelhante ao que aconteceu no início do séc XVI, determinariam os rumos da humanidade do



Figura 7: Inauguração Monumento ao 2 de Julho, 1895, fotografia, autor desconhecido

século seguinte, reverberando até o século XXI.

A seguir...

Na segunda parte do texto, vamos ver como o efeito fotovoltaico foi fundamental na transmissão de imagens através das ondas eletromagnéticas. Depois, vamos acompanhar os movimentos históricos e os desenvolvimentos científicos que desencadearam a criação do mundo digital e como toda a estrutura industrial, inclusive as comunicações e a produção de imagens usando a luz, se adaptaram a esse novo mundo, até chegar à internet, ao telefone celular e à inteligência artificial.

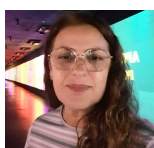
Investigaremos como as teorias matemáticas são fundamentais para fazer todo esse mundo funcionar. Enquanto estamos distraídos, os rumos do futuro estão sendo traçados nos *espaços latentes* das inteligências artificiais, que, segundo o *Chat GPT4*, são “subconscientes matemáticos” das IAs.

Como estudantes, professores e pesquisadores das ciências e, principalmente, como indivíduos do XXI, precisamos refletir sobre como o conhecimento científico e as novas tecnologias desenvolvidas a partir dele estão sendo usadas para moldar as próximas décadas e séculos, o nosso futuro.

Bibliografia

- [1] ATKINS, Anna. *Photographs of British Algae: Cyanotype Impressions*. London: s.n., 1843.
- [2] BECQUEREL, A. E., *Mémoire sur les Effets d'Électriques Produits Sous l'influence des Rayons Solaires* (Relatório sobre os efeitos das ondas elétricas produzidas sob a influência dos raios solares.), *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences*, Vol. 9, 1839, pp. 561-567.
- [3] BERGMANN, C. 1857. *Anatomisches und Physiologisches über die Netzhaut des Auges* (Informações anatômicas e fisiológicas sobre a retina do olho). *Zeitschrift für rationelle Medizin* 3:83108.
- [4] COPÉRNICO, Nicolau. *Revolutions of the Celestial Spheres*. Manuscrito, 1543.
- [5] DA VINCI, Leonardo. *The Notebooks of Leonardo Da Vinci*. New York: Dover Publications, 1970.
- [6] DESCARTES, René. *Discours de la Méthode pour bien conduire sa raison, et chercher la vérité dans les sciences*. Leiden: Jan Maire, 1637.
- [7] DESCARTES, René. *La Dioptrique*. Leiden: Jan Maire, 1637.
- [8] DIJKSTERHUIS, Fokko Jan. *Stevin, Huygens and the Dutch Republic (The Golden Age of Mathematics)*. *Nieuw Archief voor Wiskunde*, v. 9, n. 2, 2008.
- [9] EDER, Josef Maria. *History of Photography*. Dover Publications. New York: 1945.
- [10] FARADAY, Michael. *Experimental Researches In Electricity*. Vol. 1.. Printed by Taylor and Francis. Londres, 1839
- [11] GALILEI, Galileo. *Dialogue Concerning the Two Chief World Systems*. Florence: Giovanni Battista Landini, 1632.
- [12] HAFEY, John & SHILLEA, TOM. *The Platinum Print*, Graphic Art Research Center, Rochester Institute of Technology, 1979
- [13] HELMHOLTZ, Hermann von. *Treatise on Physiological Optics*, Editado por: James P.C. Southall, Optical Society of America, 1925
- [14] HERSHEY, John Frederick William. *On the hyposulphurous acid and its compounds*. *Edinburgh Philosophical Journal*, Edinburgh: Archibald Constable & Co., v. 1, 1819, p. 829; 396400.
- [15] HUYGENS, Christiaan. *Traité de la lumière*. Leiden: Pierre van der Aa, 1690.
- [16] JUN, Wenren. *Ancient Chinese Encyclopedia of Technology*. Translation and Annotation of Kao-gong Ji, The Artificers' Record. London: Taylor & Francis, 2014.
- [17] KEPLER, Johannes. *Astronomiae Pars Optica*. Augsburg: David Franck, 1604.
- [18] KOSSOY, Boris. *Hercule Florence: A Descoberta Isolada da Fotografia no Brasil*. São Paulo: Edusp, 2007.
- [19] KOSSOY, Boris. *Dicionário histórico-fotográfico brasileiro: fotógrafos e ofício da fotografia no Brasil (1833-1910)*. São Paulo: Instituto Moreira Salles, 2002.
- [20] MAXWELL, James C., *On the theory of compound colours, and the relations of the colours of the spectrum*. *Phil. Trans. R. Soc.* (1860) (150): 5784.
- [21] MAXWELL, James C. *A Treatise on Electricity and Magnetism*. Oxford Press. 1873
- [22] NEWTON, Isaac. *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. London: Joseph Streater, for the Royal Society, 1687.

- [23] NEWTON, Isaac. *Opticks: or, A Treatise of the Reflexions, Refractions, Inflexions and Colours of Light*. London: Samuel Smith & Benjamin Walford, 1704.
- [24] ØRSTED, H.C. *Experimenta Circa Effectum Conflictus Electrici in Acum Magneticam*, Hafniae, Schultz, 1820.
- [25] PLATEAU, Joseph. *Dissertation sur quelques propriétés des impressions produites par la lumière sur l'organe de la vue*, présentée et soutenue, sous le rectorat de Mr J. Kinker, à la Faculté des sciences de l'Université de Liège, mai 1829, pour obtenir le grade de docteur en sciences mathématiques et physiques.
- [26] RÖNTGEN. Wilhelm Conrad. *Ueber Eine Neue Art von Strahlen* (Sobre uma nova espécie de Raios), Sitzungsberichte Wurzbberger der Physik-medie, 1895
- [27] SABRA, A. I. *The Optics of Ibn al-Haytham. Books III-IV: On Direct Vision*. London: The Warburg Institute, University of London, 1989. 2 vols. (Studies of the Warburg Institute, v. 40).
- [28] WILDE, Henry. *Experimental researches into electricity and magnetism*, Proceedings of the Royal Society, 1866, p. 107-111
- [29] ATA GERAL DA CONFERÊNCIA DE BERLIM, Berlim, redigida em 26 de fevereiro de 1885. Disponível em: https://mamapress.wordpress.com/wp-content/uploads/2013/12/conf_berlim.pdf Acesso em: 01 de dezembro de 2025
- [30] BELL Telephone Laboratories. Página na Wikipedia https://en.wikipedia.org/wiki/Bell_Labs Acesso em: 01 de dezembro de 2025
- [31] John William DRAPER. *Daguerreotype of the Moon*. Nova York: s.n., 1840/1841. <https://www.metmuseum.org/art/collection/search/789162> Acesso em: 01 de dezembro de 2025
- [32] André DISDERI. Entrada biográfica em Brasileira Fotográfica. Rio de Janeiro: Fundação Biblioteca Nacional; Instituto Moreira Salles, Disponível em: <https://brasilianafotografica.bn.gov.br/?p=3873> Acesso em: 01 de dezembro de 2025
- [33] ESA; Foucault, Hippolyte; Fizeau, Louis. *First Photograph of the Sun*. Paris: Observatoire de Paris, 1845 Disponível em: https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2004/03/First_photo_of_the_Sun_1845 Acesso em: 01 de dezembro de 2025
- [34] General Electric Company. Página na Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/General_Electric Acesso em: 01 de dezembro de 2025
- [35] Guerra das correntes. Página na Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/War_of_the_currents Acesso em: 01 de dezembro de 2025
- [36] John HYATT. Patente n US133229A Disponível em: <https://patents.google.com/patent/US133229A/en> Acesso em: 01 de dezembro de 2025
- [37] Gardiner Greene HUBBARD. Página na Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Gardiner_Greene_Hubbard Acesso em: 01 de dezembro de 2025
- [38] L'Illustration: Journal Universel. Paris: Bureau du Journal L'Illustration, v. 11, s.d. Disponível em: https://books.google.com.br/books?id=_MLLAAAAcAAJ&printsec=frontcover&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=true Acesso em: 01 de dezembro de 2025
- [39] John Pierpont MORGAN. Página na Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/J._P._Morgan Acesso em: 01 de dezembro de 2025
- [40] Eadweard J. MUYBRIDGE. Página no Google Arts & Culture: <https://artsandculture.google.com/entity/m0gc57?hl=pt> Acesso em: 01 de dezembro de 2025
- [41] National Geographic Society. Página na Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/National_Geographic_Society#cite_note-9 Acesso em: 01 de dezembro de 2025
- [42] SCIENCE, Revista Científica. Site: <https://www.science.org/content/page/about-science-aaas> Acesso em: 01 de dezembro de 2025
- [43] Francis Ormand J. SMITH. Página na Wikipedia: https://en.wikipedia.org/wiki/Francis_Ormand_Jonathan_Smith Acesso em: 01 de dezembro de 2025
- [44] Thomas SUTTON . *The British Journal of Photography*, 1875 Vol. XXII (London: Henry Greenwood), pp. 210-212. <https://archive.org/details/britishjournalof58londonoft/page/n1093/mode/2up> Acesso em: 01 de dezembro de 2025
- [45] The New York Times. *Sending Photographs by Telegraph*, Sunday Magazine, 20 September 1907, p. 7. Disponível em: https://en.wikisource.org/wiki/The_New_York_Times/1907/02/24/Sending_Photos_by_Telegraph Acesso em: 01 de dezembro de 2025



Ana Pinheiro é professora do Departamento de Matemática da UFBA, doutora pela UFRJ, na área de Geometria Diferencial. Atualmente, cursa o Mestrado em Artes Visuais, na Escola de Belas Artes da UFBA, onde estuda Fotografia. Quer muito entender o mundo, e desconfia que quem não sabe História, não sabe nada.