

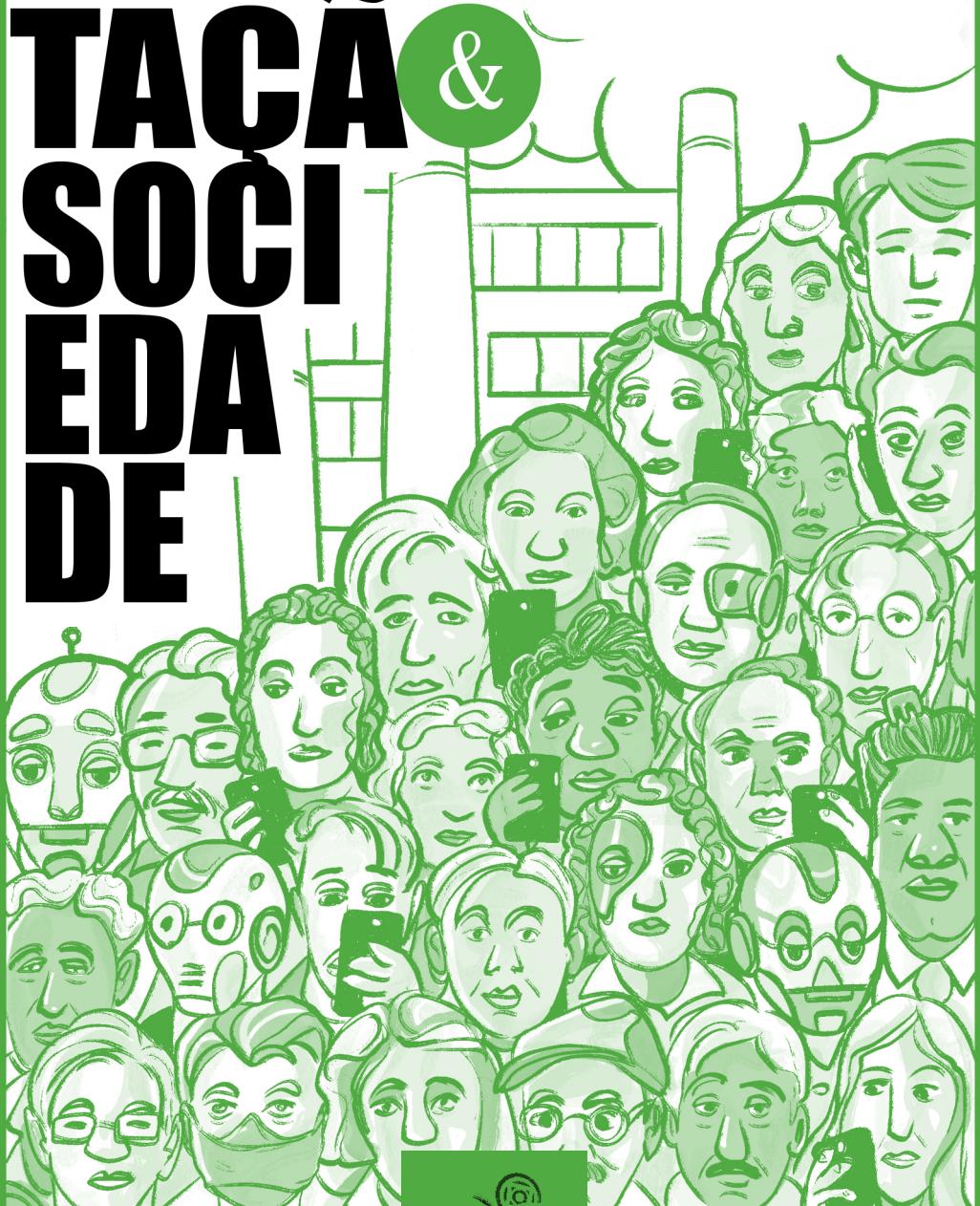
VOLUME.03

A TECNOLOGIA

# COMPUTAÇÃO & SOCIEDADE

ORGANIZADORES

Cristiano Maciel  
José Viterbo



**Computação e Sociedade | Volume 3**

# **A tecnologia**



Ministério da Educação  
Universidade Federal de Mato Grosso - UFMT

Reitor  
Evandro Aparecido Soares da Silva

Vice-reitora  
Rosaline Rocha Lunardi

Coordenador da Editora Universitária  
Francisco Xavier Freire Rodrigues

Supervisão Técnica  
Ana Claudia Pereira Rubio



Conselho Editorial

#### Membros

Francisco Xavier Freire Rodrigues (Presidente - EdUFMT)  
Ana Claudia Pereira Rubio (Supervisora - EdUFMT)  
Ana Carrilho Romero Grunenvaldt (FEF)  
Ana Cláudia Dantas da Costa (FAGEO)  
Carla Reita Faria Leal (FD)  
Divanize Carbonieri (IL)  
Elisete Maria Carvalho Silva Hurtado (SNTUF)  
Elizabeth Madureira Siqueira (IHGMT)  
Evaldo Martins Pires (ICNHS - CUS - Sinop)  
Gabriel Costa Correia (FCA)  
Gustavo Sanches Cardinal (DCE)  
Ivana Aparecida Ferrer Silva (FACC)  
Joel Martin Luz (CUR - Rondonópolis)  
Josiel Maimone de Figueiredo (IC)  
Karyna de Andrade Carvalho Rosetti (FAET)  
Léia de Souza Oliveira (SINTUF/NDIHR)  
Lenir Vaz Guimarães (ISC)  
Luciane Yuri Yoshiara (FANUT)  
Mamadu Lamarana Bari (FE)  
Maria Corette Pasa (IB)  
Maria Cristina Guimaraes Abegao (FAEN)  
Mauro Lúcio Naves Oliveira (IENG - Várzea Grande)  
Moisés Alessandro de Souza Lopes (ICHs)  
Neudson Johnson Martinha (FM)  
Nilce Vieira Campos Ferreira (IE)  
Odorico Ferreira Cardoso Neto (ICHs - CUA)  
Osvaldo Rodrigues Junior (IGHD)  
Pedro Hurtado de Mendoza Borges (FAAZ)  
Regina Célia Rodrigues da Paz (FAVET)  
Rodolfo Sebastião Estupiñán Allan (ICET)  
Sérgio Roberto de Paulo (IF)  
Zenesio Finger (FENF)

**Cristiano Maciel**  
**José Viterbo**  
(Organizadores)

**Computação e Sociedade | Volume 3**

# **A tecnologia**



Cuiabá, MT  
2020

© Cristiano Maciel, José Viterbo (Organizadores) 2020.

A reprodução não autorizada desta publicação, por qualquer meio, seja total ou parcial, constitui violação da Lei nº 9.610/98.

A EdUFMT segue o Acordo Ortográfico da Língua Portuguesa em vigor no Brasil desde 2009.

A aceitação das alterações textuais e de normalização bibliográfica sugeridas pelo revisor é uma decisão do autor/organizador.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Douglas Rios – Bibliotecário – CRB1/1610

C738

Computação e sociedade: a tecnologia - volume 3. [e-book]/  
Organizadores: Cristiano Maciel; José Viterbo. 1ª edição.  
Cuiabá-MT: EdUFMT Digital, 2020.

267 p.

ISBN 978-65-5588-048-9

1. Computação. 2. Direitos Autorais. 3. Patentes.  
4. Software Livre. 5. Educação a Distância. 6. Crimes Digitais.  
7. Blockchain. I. Maciel, Cristiano (org.). II. Viterbo, José (org.).

CDU 004:34

Coordenador da Editora Universitária  
**Francisco Xavier Freire Rodrigues**

Coordenador do Projeto Edições IFMT:  
**Renilson Rosa Ribeiro**

Supervisão Técnica:  
**Ana Claudia Pereira Rúbio**

Revisão e Normalização Textual:  
**Cristiano Maciel, José Viterbo**

Editoração e Projeto Gráfico:  
**Candida Bitencourt Haesbaert – Paruna Editorial**

Capa e Ilustrações:  
**Maurício Mota**

*Filiada à*



**Editora da Universidade Federal de Mato Grosso**  
Av. Fernando Corrêa da Costa, 2.367 – Boa Esperança  
CEP: 78.060-900 – Cuiabá, MT  
Fone: (65) 3631-7155  
www.edufmt.com.br

Esta obra foi produzida com recurso do Governo Federal

MINISTÉRIO DA  
EDUCAÇÃO



# Prefácio

Os computadores de há muito deixaram de ser objetos circunscritos ao mundo da ciência e da tecnologia, e são hoje agentes de transformações sociais cada vez mais relevantes. A sua esfera de influência se alarga a cada ano, na proporção em que seus custos e dimensões se reduzem, a capacidade se multiplica, e o conceito de informação passa a tomar o lugar central antes reservado à energia. As sociedades se digitalizam rapidamente, as relações se virtualizam, as distâncias desaparecem, com profundas consequências para a cultura, a economia, e a organização social.

Como fica nesse cenário a sociedade brasileira? Como conduzi-la nessa passagem, a toque de caixa, de uma sociedade tradicional em que poucos dominam mais que as primeiras letras e as contas, para a sociedade digital do conhecimento?

Algumas das respostas estão contidas nos 24 trabalhos deste livro, organizado pelos professores José Viterbo Filho, do Instituto de Computação da Universidade Federal Fluminense, e Cristiano Maciel, do Instituto de Computação da Universidade Federal do Mato Grosso. A proposta visa suprir a carência de livros didáticos para a disciplina Computação e Sociedade, normalmente oferecida para alunos de graduação de cursos da área de computação, como Ciência da Computação, Sistemas de Informação, Engenharia da Computação, Engenharia de Software e Licenciatura em Computação.

Há cerca de 40 anos atrás, quando introduzimos no currículo do recém-criado Curso de Informática da UFRJ uma nova disciplina, batizada de Computadores e Sociedade, os computadores eram poucos, enormes e lentos, custavam alguns milhões de dólares, e viviam longe dos olhares da maior parte da população, restritos a grandes organizações que processavam grandes volumes de dados e cálculos matemáticos complexos.

O desconhecimento geral produzia curiosidade, fascínio, e esperança de progresso com a utilização dos novos cérebros eletrônicos. Mas já então algumas vozes se levantavam alertando para potenciais perigos futuros que o uso da computação poderia trazer para a sociedade em geral. A época imaginada por George Orwell em seu livro “1984”,

que introduziu a figura sinistra do Big Brother estava apenas alguns anos à frente<sup>1</sup>, e já havia preocupações com o potencial de violação de dados privados e de uma maior vigilância sobre as pessoas, com os riscos de aumento do desemprego pela automação indiscriminada na indústria, com a concentração de poder associada à concentração da informação, e com a tendência de delegar decisões importantes às máquinas baseadas em cálculos e não no julgamento humano<sup>2</sup>. A ideia por trás do oferecimento da disciplina era sensibilizar os alunos para questões sociais além da tecnologia em si, e conscientizá-los da responsabilidade que passariam a ter, uma vez formados, pelas consequências do seu trabalho.

A disciplina se consolidou nos currículos brasileiros, e foi incorporada às recomendações dos sucessivos currículos de referência da Sociedade Brasileira de Computação a partir de 1996, assim como nas Diretrizes Nacionais Curriculares do MEC de 1999 e 2016, para os cursos de graduação da área de computação.

A academia ainda se ressentente com a falta de textos didáticos adequados para o ensino da matéria, e o lançamento deste volume é extremamente bem-vindo, estando sintonizado com os mais recentes Referenciais de Formação para os Cursos de Graduação em Computação, publicado pela SBC no final de 2017. A pluralidade dos temas tratados reflete a extensão da influência das tecnologias digitais sobre camadas cada vez mais amplas do tecido social, e avança ao abordar questões mais atuais, como interação nas redes sociais, papel das mulheres na computação, fortalecimento da democracia e cidadania, incremento dos serviços nas cidades, sustentabilidade na produção e uso da computação, e o inovador tema do legado digital, além de comentar novas tecnologias com forte potencial transformador, como blockchain e cidades inteligentes.

O volume também se debruça sobre temas mais tradicionais de alcance social amplo como crimes digitais, ensino à distância, informá-

---

1 A primeira edição de *Nineteen Eighty-Four* foi publicada na Inglaterra em 1949.

2 Joseph Weizenbaum, eminente cientista da computação do MIT, em seu clássico *Computer Power and Human Reason*, de 1976, relata como os alvos de bombardeios na guerra do Vietnam eram escolhidos pelos computadores do Pentágono com base em dados que estimavam a densidade de vietcongs em cada área. E também como bombardeios não autorizados ao Camboja foram dissimulados nos relatórios ao Congresso americano, por meio de artifícios de programação que trocavam esses alvos por outros no Vietnam (p.238-9).

tica na educação, software livre, jogos eletrônicos, direitos autorais e patentes, e acessibilidade para portadores de deficiências, assim como questões mais internas à própria comunidade de computação, como as relativas à regulamentação profissional, à formação de recursos humanos em computação (interdisciplinaridade, ética, empreendedorismo, pós-graduação), ao papel de sociedades científicas, em especial a SBC, e à gestão de equipes de desenvolvimento cada vez mais dispersas geograficamente (ecossistemas de software).

O estudo das interações da Computação com a Sociedade revela um quadro complexo que decorre da justaposição de elementos heterogêneos (pessoas, culturas, máquinas, leis, educação, tecnologias etc), criando uma imbricação de tecnologias com pessoas e instituições sociais que contribui para a sua contínua transformação. Daí decorre a necessidade de repensar a formação dos profissionais de computação, ainda muito centrada no estudo das chamadas ciências “duras” (computação, matemática, física), de forma a capacitá-los a compreender e refletir sobre a cena maior onde a computação e seus artefatos se inserem.

Nos anos 1930, o pensador espanhol José Ortega y Gasset já alertava<sup>3</sup> para um novo fenômeno que ele identificou como a tendência das universidades europeias de formar profissionais com um perfil muito especializado, em contraste com a formação humanística tradicional, na época caracterizados pelos médicos, engenheiros, advogados e cientistas. Chamou-os de novos bárbaros, pessoas com muito conhecimento sobre um estreito campo do saber, mas essencialmente incultas, sem preparo para compreender e apreciar as complexas inter-relações entre a tecnologia e o meio social onde estão inseridas, e sem uma formação humanística independente de finalidade utilitária, mas essencial para o exercício de uma cidadania responsável e informada.

O Brasil tem uma tradição de ensino especializado em escolas profissionais que tendem a se isolar, mesmo quando reunidas em universidades. A concentração de especialistas em departamentos só ajuda a agravar a falta de entrosamento entre as áreas técnicas e humanas. Disciplinas como Computação e Sociedade são importantes para ressaltar situações específicas, mas precisam ser complementadas

---

3 Ortega y Gasset, J. Misión de la Universidad (1930)

com conteúdos de Artes e Humanidades para garantir uma verdadeira educação geral aos nossos alunos, e não apenas especializada. Algo que a tradição universitária norte-americana já pratica há décadas, com os programas de general education obrigatórios na maioria dos cursos superiores. Uma reação a esse quadro, a partir da última década, tem se configurado com a criação de novas universidades no Brasil focadas em programas interdisciplinares, após o fim da obrigatoriedade da organização em departamentos com a edição da LDB de 1996. Essas iniciativas podem e devem inspirar programas inovadores para preparar profissionais de computação mais antenados com as questões humanas e sociais das sociedades onde atuarão.

Um destaque que merece elogios no presente volume está na preocupação dos organizadores em proporcionar uma grande diversidade de pontos de vista, ao reunir um grupo de 68 autores representando mais de 30 instituições distribuídas por 14 estados da federação, o que em si demonstra a vitalidade da comunidade de pesquisadores voltados para as questões sociais decorrentes do uso de computadores em larga escala. É de se aplaudir também a presença no grupo de psicólogos, educadores e administradores, a qual, embora ainda tímida, começa a romper um pouco o muro de especialização que separa os profissionais de computação das áreas humanas, um processo que foi iniciado há alguns anos pelos grupos de Interface Humano-Computador e de Sistemas de Informação.

A comunidade de ensino de computação está de parabéns com o lançamento deste excelente livro.

Miguel Jonathan

Engenheiro Eletrônico

Doutor em História das Ciências e das Técnicas e Epistemologia – UFRJ

# Sumário

<b>Apresentação .....</b>	<b>10</b>
Cristiano Maciel e José Viterbo	
<b>17. Direitos autorais, licenças e patentes .....</b>	<b>12</b>
Fabio Kon	
Nelson Lago	
Paulo Meirelles	
Carlos Denner	
<b>18. Software livre .....</b>	<b>47</b>
Igor Steinmacher	
Gustavo Pinto	
Igor Wiese	
Marco Aurelio Gerosa	
<b>19. Educação a distância e os recursos educacionais abertos: compreensões, possibilidades e perspectivas .....</b>	<b>66</b>
Rosana Abutakka Vasconcelos dos Anjos	
Kátia Morosov Alonso	
<b>20. Jogos, entretenimento e expressões digitais .....</b>	<b>97</b>
Esteban Clua	
Rosiane de Freitas Rodrigues	
<b>21. Crimes digitais .....</b>	<b>139</b>
Gilberto Sudre	
Gustavo Martinelli	
Walter Capanema	
<b>22. Desmistificando blockchain: conceitos e aplicações .....</b>	<b>166</b>
Paulo Henrique Alves	Gustavo Robichez de Carvalho
Rodrigo Laigner	Helio Lopes
Rafael Nasser	Marcos Kalinowski
<b>23. Ecossistemas de software .....</b>	<b>198</b>
Rodrigo Santos	
Awdren Fontão	
Juliana Fernandes	
<b>24. Tecnologias associadas ao pós-morte .....</b>	<b>224</b>
Cristiano Maciel	
Vinicius Pereira	
Raquel Prates	
Fábricio Pereira	
<b>Sobre os Organizadores .....</b>	<b>259</b>
<b>Sobre os Autores .....</b>	<b>260</b>

# Apresentação

É notório: as tecnologias fazem parte de nossas vidas, em muitas esferas, para muitas atividades, sendo úteis tanto para o trabalho como para a comunicação e entretenimento, em nossos lares ou em espaços coletivos. Dispositivos móveis como telefones celulares, por exemplo, são extensões do nosso corpo, sendo indispensáveis em nossas vidas.

Com esse intenso uso, é gerada uma imensa quantidade de dados, disponibilizados diariamente pelos usuários na rede e em seus dispositivos, gerando muitas pegadas digitais no ciberespaço. As implicações, positivas e negativas de tudo isso tem inúmeros reflexos sobre a sociedade.

Assim, as discussões tecnológicas e educacionais não podem estar desassociadas às históricas, legais, morais, econômicas, políticas, éticas e culturais, entre outras. Questões sócio técnicas foram ampliadas com os avanços da Internet e disponibilização de diferentes aplicações, com distintas finalidades e públicos.

E a formação de profissionais na área de Computação não pode estar desassociada de uma discussão crítica sobre todos estes aspectos, considerando as repercussões das novas tecnologias na sociedade. Sob o ponto de vista de quem desenvolve tais tecnologias e de quem forma profissionais para atuação nesta área, é necessária uma discussão crítica e pontuada em temas importantes e/ou emergentes nesta área.

Neste sentido, a obra “Computação e Sociedade” traz esse conjunto de temas bem diversificado e inovador para o mercado editorial, ao permitir aos leitores sincronizados com a realidade do século XXI uma visão que abrange desde assuntos clássicos até os emergentes desta temática. Muitos destes temas são trabalhados de forma isolada em outras obras ou fontes de informação, e, neste livro, estão reunidos de forma a cobrir o conjunto de tópicos necessários para as disciplinas nesta área, facilitando o trabalho pedagógico e reflexivo. Em especial, o contexto brasileiro é abordado. Para professores e estudantes, cada capítulo traz consigo os objetivos de aprendizagem, dicas, exercícios e, casos para reflexão, úteis ao processo educacional. Ainda, a obra é útil a pesquisadores de diferentes áreas, posto que traz em tela desafios de investigação.

Ao nos deparamos com a obra pronta, a alegria é imensa, bem como o desejo de que ela seja útil para todos leitores. Todavia, no percurso que trilhamos para chegar até aqui, vários desafios foram sendo vencidos, em especial: a grande quantidade de capítulos, envolvendo múltiplos autores; as mudanças editoriais, reflexos de um mercado em transição; e, por fim, a chegada da pandemia ocasionada pelo novo CoronaVirus, que demandaram novas decisões acerca da obra.

Com a união e apoio de todos, temos pronta a obra “Computação e Sociedade”. Em especial, gostaríamos de agradecer à Sociedade Brasileira de Computação; aos autores (e suas instituições) por todo labor e compreensão; aos revisores que atuaram voluntariamente na revisão dos capítulos; ao nosso gentil e competente prefaciador e à EdUFMT que permitiu a imortalização das nossas ideias.

E, para composição geral da obra, tivemos outros importantes apoios, contando com a adaptação do modelo da série Informática na Educação idealizado por Fábio Ferrentini Sampaio, Mariano Pimentel e Edmea Oliveira dos Santos; com ilustrações sugeridas pelos autores e artisticamente desenhadas por Maurício Mota para capa e abertura dos capítulos; sugestão de ideia para a capa de João Bicharra Garcia e, finalmente, editoração e projeto gráfico de Candida Bitencourt Haesbaert. Nossa muito obrigado a todos e todas pelas contribuições.

E, agora que a obra está disponível, agradecemos a você, leitor, que, de forma crítica, pode transformar esses conhecimentos em prol de uma sociedade que não somente faz uso passivo das tecnologias, mas que reflete sobre os impactos dela nas nossas vidas.

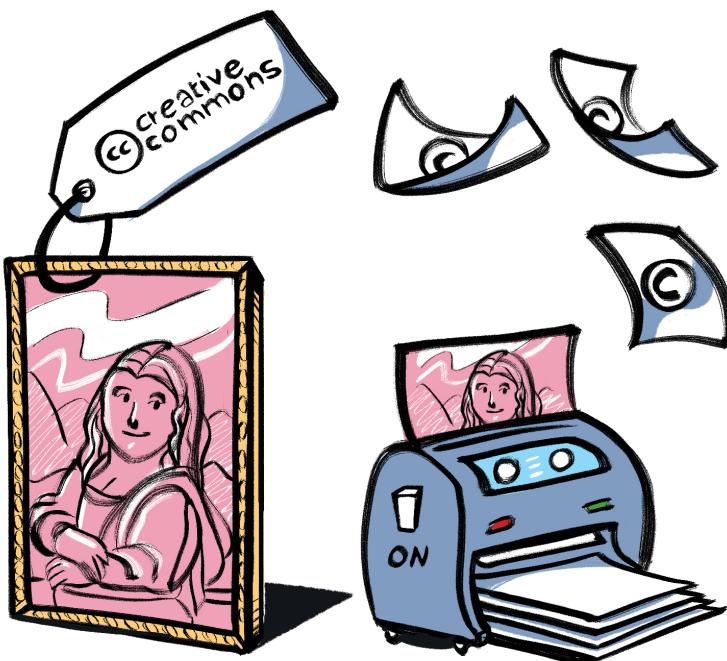
Certamente esses conhecimentos precisarão ser atualizados, pois a sociedade se move rapidamente em caminhos imbricados com as tecnologias. Assim, sugestões e comentários são sempre bem-vindos e podem se enviados para o e-mail computacaoesociedadesbc@gmail.com.

Desejamos uma ótima leitura e aproveitamento didático da obra!  
Saudações dos organizadores,

Cristiano Maciel e José Viterbo

# 17. Direitos autorais, licenças e patentes

Fabio Kon  
Nelson Lago  
Paulo Meirelles  
Carlos Denner



Após a leitura deste capítulo, você deverá ser capaz de:

- Compreender a motivação para as leis de direitos autorais e patentes;
- Reconhecer as características, diferenças e aplicabilidade de ambos;
- Argumentar sobre seus benefícios e limitações;
- Distinguir os conceitos de licença e cessão;
- Entender as diversas licenças de software livre e Creative Commons.

## 17.1 Direitos autorais e patentes: o que são e para que servem?

quando pensamos em inventos, descobertas científicas ou criações artísticas, é muito comum nos voltarmos para a genialidade dos autores; basta observar que figuras como Marie Curie ou Machado de Assis são admiradas mesmo por pessoas pouco familiarizadas com seu trabalho. No entanto, é preciso lembrar que o conhecimento (e a arte) não surge através da mera inspiração, mas sim do trabalho concentrado e, muitas vezes, de longo prazo, num processo incremental e altamente dependente do conhecimento preexistente. Marie Curie, por exemplo, perseguiu seus estudos sobre a radioatividade durante vários anos, e seu trabalho só foi possível porque partiu do que já se sabia sobre raios X e eletricidade.

Ou seja, o desenvolvimento do conhecimento (seja ele tecnológico, científico ou artístico), além de estar intimamente relacionado com a pessoa que o cria e sua reputação, depende de dois fatores: (1) o acesso ao conhecimento preexistente e (2) o trabalho de criação ou pesquisa com base nele. Foi com os objetivos de gerar incentivos econômicos nessas duas frentes para a evolução do conhecimento e também de garantir o reconhecimento do valor individual dos criadores que as leis relacionadas a patentes e a direitos de autor, na forma como as entendemos hoje, surgiram na Europa no século XVIII<sup>1</sup>.

## 17.2 Direitos Autorais

Quando foram criadas, as leis de direitos de autor, direitos autorais ou copyright<sup>2</sup> versavam sobre livros e outros materiais impressos e sobre a execução pública de obras musicais ou dramáticas. Essas leis garantiam que a exploração comercial da obra dependia da autorização de seu criador, permitindo a ele negociar com um editor ou dono de um teatro o direito exclusivo de imprimir e vender um livro ou representar uma obra em troca de parte dos ganhos. O resultado era vantajoso para autores, que eram compensados por seu trabalho; para

<sup>1</sup> A primeira legislação do tipo foi aprovada em 1710 na Inglaterra (GRÃ-BRETANHA, 2008), e só várias décadas depois outros países adotaram leis similares; a França, por exemplo, criou suas primeiras leis de direitos de autor entre 1791 e 1793 (FRANÇA, 1793).

<sup>2</sup> O termo “copyright” se refere à legislação anglo-saxã, enquanto “direitos de autor” se refere à legislação latina (incluindo a brasileira).

editores, que tinham o monopólio sobre o lucro advindo da obra; e para a população em geral, que tinha acesso mais fácil a um universo crescente de criações intelectuais.

### Direitos morais

Embora as leis da época não mencionassem outros aspectos explicitamente, também era reconhecido o direito do autor de vincular sua pessoa e sua reputação à obra, reivindicando a autoria, proibindo versões adulteradas etc. Hoje em dia, tanto o aspecto econômico quanto esse aspecto mais abstrato são definidos claramente na lei, na forma de *direitos patrimoniais* e *direitos morais*.



#### 17.2.1 Patentes

O aspecto econômico dos direitos autorais funcionava porque a venda de livros ou a apresentação pública, que são os mecanismos de disseminação do conhecimento, são também os mecanismos que geram ganhos. No entanto, inventos com potencial produtivo ou industrial, como um novo tipo de máquina ou processo químico usado na fabricação de um produto, não funcionam assim: o que gera ganhos nesse caso não é a disseminação do conhecimento, mas sim a venda do produto fabricado através do invento. Como o conhecimento nesse caso traz vantagem competitiva, faz sentido para o inventor ou fabricante mantê-lo em segredo.

Para compensar esse efeito, o sistema de patentes moderno incentiva o inventor a publicar os detalhes de seu invento em troca do direito exclusivo de explorá-lo. Como acontece com os direitos autorais, isso é vantajoso para inventores, indústrias e a população. O inventor tem a possibilidade de explorar a nova técnica diretamente ou licenciá-la para exploração por uma indústria; a indústria, por sua vez, pode investir na produção sem se preocupar com o risco de o segredo ser descoberto por um concorrente, seja através de engenharia reversa, espionagem industrial ou mesmo pela reinvenção independente do mesmo sistema; e a sociedade passa a ter acesso ao produto industrial e ao conhecimento sobre seu funcionamento, o que incentiva ainda mais o desenvolvimento tecnológico.

#### 17.2.2 Tempo e Espaço

Um aspecto fundamental dos direitos autorais e das patentes é que ambos têm validade limitada. Como vimos acima, direitos autorais e patentes impõem um monopólio legal para a exploração de uma obra

ou técnica, favorecendo seu criador. Esse monopólio tem um custo social, já que impede o livre uso do conhecimento, mas esse custo se justifica pelo benefício para a população decorrente do incentivo à criação.

Após um certo prazo, entende-se que os ganhos auferidos pelo autor ou inventor são suficientes para compensar o investimento inicial e, portanto, não há mais razão para restrições ao uso. A partir daí, a obra ou técnica passa para o *domínio público*: os direitos patrimoniais ou a patente deixam de existir e fica permitida a utilização por qualquer um e para qualquer fim, favorecendo a população em geral. A duração exata da proteção variou muito ao longo do tempo e até hoje há diferenças significativas entre os países. No Brasil, as patentes têm validade de 20 anos; os direitos autorais para programas de computador são válidos por 50 anos a partir de seu lançamento e, para outras criações, por 70 anos após a morte do autor.

Embora cada país tenha suas leis específicas sobre patentes e direitos autorais, a grande maioria atualmente é signatária de acordos internacionais que garantem (1) que a proteção oferecida valha também para conhecimento produzido fora do país e (2) que os aspectos principais das leis de todos os países sejam mais ou menos similares e compatíveis entre si. A convenção internacional mais importante a respeito dos direitos autorais é a convenção de Berna<sup>3</sup> e, dos direitos de patentes, a convenção de Paris<sup>4</sup>. O Brasil é signatário de ambas, além do acordo TRIPS<sup>5</sup>.

E o software?

---

3 <http://www.wipo.int/treaties/en/ip/berne/>

4 <http://www.wipo.int/treaties/en/ip/paris/>

5 [http://www.wto.org/english/tratop\\_e/trips\\_e/trips\\_e.htm](http://www.wto.org/english/tratop_e/trips_e/trips_e.htm)

## Software: criação ou ferramenta?



Como você pode imaginar, a evolução tecnológica influenciou a legislação: as invenções da fotografia e do cinema, por exemplo, foram seguidas por alterações nas leis para incluí-las no rol de formas de expressão protegidas pelo direito autoral. E o que aconteceu com o software? Um mesmo algoritmo pode ser expresso em mais de uma linguagem de programação, mas um programa de computador é quase sempre uma ferramenta de trabalho. Você acha que um programa deveria ser enquadrado legalmente como uma forma de criação e expressão similar a um livro ou como um invento com potencial produtivo?

No início da computação comercial, os fornecedores ofereciam o computador e equipamentos acessórios juntamente com os serviços de consultoria e desenvolvimento necessários para seu uso; o software não era entendido como um produto independente. Isso começou a mudar nos anos 1960 com o surgimento de empresas especializadas em desenvolvimento, o que trouxe a preocupação com a proteção legal ao software. Como a lei não trataria desse assunto especificamente, alguns pesquisadores decidiram “testar” o sistema, solicitando o registro de programas para proteção por *copyright*<sup>6</sup> ou a outorga de proteção por patente.

A primeira patente relacionada a software foi solicitada no Reino Unido em 1962 e outorgada em 1966; já os primeiros programas com registro de *copyright* datam de 1963, nos Estados Unidos. A incerteza jurídica que se apresentava foi abordada por uma comissão governamental norte-americana sobre o sistema de patentes em 1966. O relatório dessa comissão (COMMITTEE ON THE JUDICIARY OF THE UNITED STATES SENATE, 1967) trazia diversas sugestões de mudanças no sistema de patentes em geral; no caso do software, o texto propunha a impossibilidade de proteção patentária para programas de computador, deixando essa proteção para o domínio do *copyright*. Em 1972, a suprema corte dos EUA negou a validade de uma patente de software no caso *Gottschalk v. Benson* (U.S. SUPREME COURT, 1972). De lá para cá, o entendimento generalizado é que programas de computador são protegidos por direitos autorais e não por patentes, e tanto a lei norte-americana quanto a brasileira passaram a dizer isso explicitamente. Ainda assim, como veremos mais à frente, há diversas e fortes controvérsias sobre o tema.

### 17.2.3 Características dos Direitos Autorais

O objetivo das leis de direitos autorais é *proteger* os direitos do autor e, portanto, é preciso definir (1) quais são esses direitos e (2) a quais tipos de obras a proteção se refere. Nos dois aspectos, a legislação é bastante abrangente<sup>7</sup>:

- Quanto aos direitos patrimoniais, a lei brasileira diz que “cabe ao autor o direito exclusivo de utilizar, fruir e dispor da obra literária, artística ou científica” e “depende de autorização prévia e expressa do autor a utilização da obra, por quaisquer moda-

<sup>6</sup> Na época, a lei norte-americana exigia o registro prévio para conceder a proteção do *copyright*; essa exigência não existe mais hoje.

<sup>7</sup> Artigos 7º, 24, 28 e 29 da Lei 9.610, de 19/02/1998

lidades”. Os direitos morais, por sua vez, dão ao autor o direito de “ter seu nome [...] indicado ou anunciado como sendo o do autor, na utilização de sua obra”, opor-se a modificações que possam “atingi-lo, como autor, em sua reputação ou honra” e até retirar de circulação a obra quando isso implicar em afronta à sua reputação.

- Já quanto ao que é protegido, a lei diz que “são obras intelectuais protegidas as criações do espírito, expressas por qualquer meio ou fixadas em qualquer suporte”. Ainda assim, há itens excluídos da proteção: os direitos autorais não se aplicam a inventos, que são objeto da lei de patentes, nem a conhecimentos científicos ou matemáticos, já que o texto da lei diz que “no domínio das ciências, a proteção recairá sobre a forma literária ou artística, não abrangendo o seu conteúdo científico ou técnico”.

O mecanismo da lei e dessas exclusões fica mais claro pelo entendimento comum de que os direitos autorais se aplicam à *expressão de uma ideia*. Por exemplo, existem inúmeras histórias de detetive com estrutura similar: ao investigar um crime, o detetive descobre uma série de fatos aparentemente desconexos que, ao final da história, são contextualizados de maneira a explicar o ocorrido. Apesar dessa estrutura comum, cada história é uma expressão diferente dessa ideia e, portanto, cada uma delas é uma obra independente do ponto de vista dos direitos autorais. No caso de um texto científico, as várias formas possíveis de redação para um dado conteúdo são objeto de proteção, mas o conhecimento apresentado não. Essa visão foi um dos aspectos centrais no consenso sobre a aplicação dos direitos autorais ao software, já que um mesmo algoritmo pode ser implementado em diferentes linguagens de programação e, mesmo em uma dada linguagem, de diferentes maneiras.

Seguindo o que diz a convenção de Berna, a lei também diz que a proteção aos direitos autorais é *automática*, ou seja, não depende de registro governamental nem de declarações formais. Talvez isso soe estranho, pois você já deve ter observado que livros, revistas, CDs e outras obras geralmente incluem frases como “copyright © 2018, Fulano de Tal” ou “é proibida a reprodução total ou parcial” ou ainda “todos os direitos reservados”. Do ponto de vista jurídico, elas não têm qualquer efeito, pois apenas reafirmam o que a lei já garante; sua única utilidade prática é identificar o detentor dos direitos autorais.

da obra. Seu uso é comum porque, no passado, a legislação de alguns países (como os Estados Unidos até 1988, quando o país finalmente aderiu à convenção de Berna) exigia menções desse tipo para fazer valer a proteção legal.



### Registro de Programas e o INPI

Embora a proteção dos direitos autorais seja automática, é possível registrar criações de direitos autorais junto a órgãos do governo (no caso dos programas de computador, o órgão responsável no Brasil é o INPI). Mas, se o registro não é obrigatório, para que ele serve?

O problema é que, em caso de dúvidas ou litígios sobre a autoria de uma determinada obra, é necessário provar quem de fato é o criador. Uma maneira de verificar isso é, por exemplo, identificando quem publicou a obra inicialmente, ou encontrando testemunhas que possam afirmar que tiveram acesso a um dado manuscrito. Como essas provas podem ser difíceis de obter, usa-se o registro como forma de comprovar a autoria da obra. No caso dos programas de computador, isso é ainda mais importante, já que mesmo após a “publicação” o código-fonte muitas vezes permanece secreto. Dado que o registro inclui o código fonte (que é mantido em sigilo pelo INPI), fica mais fácil identificar cópias ilegais posteriores comparando seu código-fonte com o do programa registrado. Vale lembrar, no entanto, que o registro não é prova absoluta: se for possível encontrar uma prova consistente de autoria diferente e anterior ao registro, fica definido o autor como aquele que comprovou essa autoria.

#### 17.2.4 Licença e Cessão

Como o criador autoriza o uso de uma obra? De maneira geral, existem dois mecanismos: a *licença* e a *cessão*. A licença é uma permissão de uso: o autor permite ao licenciado fazer algum uso específico da obra como, por exemplo, exibir um filme em um único cinema durante um período limitado de tempo. Essa permissão pode ser total ou parcial (dependendo se há ou não limites para o uso permitido) e pode ou não ser exclusiva (dependendo se o autor abre mão ou não de licenciar a obra para outras pessoas). A licença em geral depende de alguma forma de pagamento; no exemplo do cinema, o autor pode receber um pagamento fixo ou uma parcela do valor de cada ingresso. A cessão, por sua vez, é similar a uma venda: o autor transfere os direitos patri-

moniais sobre sua obra para outra pessoa de forma definitiva, ou seja, quem passa a ter os direitos de “utilizar, fruir e dispor da obra [...] por quaisquer modalidades” é o cessionário (“comprador”). O cessionário, então, pode estabelecer novos contratos de cessão e licenciamento sem pagar mais nada para o autor e também processar outros por não respeitarem seus direitos. Observe, no entanto, que tanto a cessão quanto a licença se aplicam apenas aos direitos patrimoniais; pela lei brasileira, os direitos morais são inalienáveis e irrenunciáveis, ou seja, ninguém pode assinar o trabalho de outra pessoa, mesmo pagando por isso, e o autor sempre tem o direito de reivindicar a autoria da obra, mesmo que não possua mais os direitos patrimoniais sobre ela.

A maioria dos contratos para a exploração de uma obra são acordos de licenciamento parcial e exclusivo: Por exemplo, um editor pode ter a permissão de publicar um livro em papel mas não como *e-book* (a licença é parcial) e, durante a vigência do contrato, ninguém mais, nem mesmo o próprio autor, pode publicar outras cópias (a licença é exclusiva). No caso do consumidor final, o mais comum é que as licenças sejam parciais e não-exclusivas: Por exemplo, ao adquirir uma cópia de um jogo de computador, você está pagando por uma licença de uso parcial (não está incluído o direito de modificar o programa) e não-exclusiva (outras pessoas também podem comprar o jogo).

### **17.2.5 Casos especiais**

Embora a ideia geral dos direitos de autor seja simples, a legislação é razoavelmente complexa por conta das diversas nuances do assunto. Boa parte dessa complexidade vem do objetivo de proteger o autor, que é entendido como o “elo fraco” na negociação com empresas como editoras e gravadoras. No entanto, esses direitos não são absolutos: além de autores e empresas, a legislação leva em conta também a população em geral, que é, em última instância, a razão de ser da criação e divulgação do conhecimento. Nesse espírito, a lei sobre direitos autorais inclui diversas exceções que buscam facilitar o uso da obra sempre que isso não resulte em prejuízos para o autor. Assim, não é necessário obter permissão do autor para citar trechos de um texto nem para executar uma música em ambiente doméstico ou em estabelecimento de ensino, entre outros casos. Na legislação norte-americana, essas exceções são chamadas de *fair use* (“uso razoável”), e esse termo às vezes é usado informalmente no Brasil também.

É importante observar que os direitos autorais não protegem apenas obras inteiramente novas. Traduções de um livro, letras criadas para uma música originalmente instrumental, adaptações de peças teatrais para cinema etc. são *trabalhos derivados*, igualmente protegidos pela legislação. Evidentemente, a criação de um trabalho derivado depende da permissão do autor do trabalho original (a menos que o original esteja em domínio público). Atendido esse requisito, os trabalhos derivados possuem a mesma proteção que quaisquer outras obras e pela mesma duração. Por exemplo, a canção “Happy Birthday to You” foi publicada, com outra letra, em 1893 e teve a letra atual criada antes de 1912; depois de uma longa batalha judicial, ela foi considerada domínio público em 2016. No entanto, “Parabéns a Você” teve sua letra composta em 1942, criando um trabalho derivado que permanece sob a proteção da lei de direitos autorais até 2070. No caso do software, cada nova versão de um programa é protegida por 50 anos a partir de seu lançamento, pois a nova versão é um trabalho derivado da versão anterior.

Apesar das similaridades entre o software e livros ou músicas, ele possui diversas especificidades que levaram à definição de uma lei complementar à lei de direitos autorais tratando especificamente de programas de computador<sup>8</sup>. De acordo com essa lei, os direitos de autor para programas de computador expiram 50 anos após a publicação, ao invés de 70 anos após a morte do autor, e alguns direitos morais, como o direito de retirar a obra de circulação, não são aplicáveis. A lei também menciona explicitamente a permissão para que o usuário final faça cópias *backup* de programas de computador e os altere para garantir a integração com o sistema operacional. Talvez seu aspecto mais importante, no entanto, seja a definição da titularidade dos direitos patrimoniais de programas: De acordo com ela, o programa desenvolvido por funcionário, bolsista ou contratado de uma empresa como parte de suas atribuições pertence à empresa e, portanto, não há obrigação de qualquer pagamento a título de retribuição por direitos autorais para além do salário, bolsa ou valor previamente estipulado em contrato<sup>9</sup>.

---

<sup>8</sup> Lei 9.609, de 19/02/1998.

<sup>9</sup> Evidentemente, isso não se aplica ao programa criado fora da relação de trabalho.

### Você já ouviu falar de engenharia reversa?



Às vezes é preciso garantir a interoperabilidade entre dois programas; por exemplo, para se comunicar com máquinas Windows em uma rede, sistemas Linux usam um programa chamado *samba*. Esse programa nasceu do esforço de diversos programadores em analisar o tráfego de dados entre máquinas Windows para descobrir a especificação do protocolo correspondente e fazer uma nova implementação dele. Outro exemplo é a BIOS do IBM-PC: no início dos anos 1980, diversos fabricantes se interessaram em criar clones do PC mas, para isso, eles precisavam implementar as funcionalidades da BIOS sem infringir os direitos autorais da IBM. Esses fabricantes criaram um time de desenvolvedores responsável por definir exatamente a funcionalidade esperada da BIOS e um outro time responsável por implementar essas funcionalidades (HANKS, 2016). Em ambos os casos, como os programadores não tiveram acesso direto ou indireto ao programa original (apenas aos dados trafegados na rede, no primeiro caso, e à especificação do programa, no segundo caso), o novo código criado não pode ser considerado uma cópia, mas sim uma nova implementação. Note, no entanto, que essa estratégia não funciona no caso de patentes. Além disso, hoje em dia é comum que o contrato de licença do programa inclua uma cláusula proibindo a engenharia reversa, que pode ser válida em algumas jurisdições.

#### 17.2.6 Características das Patentes

Os direitos autorais se focam na proteção ao indivíduo (o autor) e, a partir daí, se expandem para o benefício público; já a legislação de patentes (incluída na lei de propriedade industrial) existe explicitamente para promover o desenvolvimento tecnológico. Essa promoção se dá pelo incentivo ao investimento na criação de novas técnicas industriais e também pelo desencorajamento ao segredo industrial, que dificulta a expansão do conhecimento.

Como no caso dos direitos autorais, o mecanismo para isso é a imposição de um *monopólio* de uso da patente. No entanto, os custos e riscos do desenvolvimento e implantação de novas tecnologias são maiores que os da produção de conhecimentos protegidos por direitos autorais: uma super-produção hollywoodiana pode chegar a custar algumas centenas de milhões de dólares, mas novos medicamentos custam mais de um bilhão de dólares para serem desenvolvidos; o custo de produção de um livro, peça de teatro, CD de música etc. é relativamente pequeno se comparado ao custo de implantar ou modificar um parque industrial baseado em uma nova tecnologia. Por conta desses custos e riscos maiores, a abrangência do monopólio das patentes também é maior que a dos direitos autorais<sup>10</sup>:

10 Artigos 42 a 45 da Lei 9.279 de 14/05/1996.

- Enquanto direitos autorais protegem as “criações do espírito”, com foco na *forma de expressão* de uma ideia, as patentes se aplicam a técnicas abstratas, que podem ser implantadas de maneiras diferentes. Assim, mesmo o uso de variantes de uma técnica depende da autorização do detentor da patente;
- A primeira pessoa que obtém uma patente é a sua titular, mesmo que outra pessoa tenha desenvolvido técnica similar anteriormente ou concomitantemente de maneira independente;
- Não há exceções para a proteção similares às dos direitos autorais;
- O detentor de uma patente pode impedir terceiros de produzir, usar ou vender “produto objeto de patente” ou “processo ou produto obtido diretamente por processo patenteado”. Isso significa, por exemplo, que se você comprar um produto de uma empresa e, posteriormente, a justiça determinar que aquele produto infringe a patente de uma outra empresa, você, que apenas comprou o produto, pode ser impedido de usá-lo (exceto no caso de uso privado, pessoal e que não cause prejuízo ao titular da patente);
- De maneira geral, a obrigação de comprovar que alguém cometeu um ato ilícito recai sobre aquele que acusa. No caso das patentes, no entanto, uma empresa pode ser obrigada a provar judicialmente que seu produto não faz uso da patente de outra (há a inversão do ônus da prova).
- Por outro lado, o escopo maior das patentes faz seu custo social também ser maior. Justamente por isso, há diversas limitações ao que pode ser patenteado:
- Diferentemente do que acontece com os direitos autorais, patentes não existem de maneira automática: é preciso registrar um pedido de patente junto a um órgão governamental (no Brasil, o INPI) e pagar diversas taxas;
- O pedido não garante a patente, pois criações triviais não podem ser patenteadas, apenas “a invenção que atenda aos requisitos de novidade, atividade inventiva e aplicação industrial”. Assim, a patente só é outorgada após análise pelos técnicos do órgão<sup>11</sup>;

---

<sup>11</sup> No entanto, se uma patente é concedida, ela vale retroativamente, desde o momento da publicação do pedido, e não é raro que o tempo entre o pedido e a avaliação seja de anos. Portanto, na prática, um mero pedido de patente pode inibir o uso de uma dada tecnologia por muito tempo, mesmo que a patente acabe por não ser outorgada.

- Não é possível patentear um segredo industrial: é condição para a concessão que a técnica patenteada seja tornada pública (no momento em que o pedido é feito);
- O Estado pode obrigar o criador a licenciar sua patente de maneira compulsória caso haja abuso econômico ou caso a patente não seja explorada de maneira a atender as necessidades do mercado;
- Há diversos tipos de conhecimento excluídos da proteção patentária, como métodos matemáticos, regras de jogo, técnicas médicas e outros. Em particular, a lei exclui “programas de computador em si”.

A lei considera “novo” aquilo que não tenha sido tornado público anteriormente (de forma escrita ou oral), mas há uma exceção: se o próprio criador divulgar a técnica, por exemplo em uma publicação científica, ele ainda pode solicitar a patente até 12 meses após essa divulgação inicial. Já a “atividade inventiva” significa que, para um profissional da área, a técnica não é decorrência óbvia do conhecimento público preexistente<sup>12</sup>

### **17.2.7 Detalhes e Consequências do Sistema de Patentes**

Como as patentes se aplicam a inventos com aplicação industrial, elas têm um grande potencial econômico e, portanto, uma empresa detentora de diversas patentes tem maior valor de mercado. Isso gera um incentivo adicional para o registro de patentes e para a criação de técnicas alternativas a patentes já existentes por empresas concorrentes. E, de fato, diversas empresas têm programas de incentivo para que seus funcionários desenvolvam tecnologias patenteáveis, e o número de patentes outorgadas anualmente é uma das métricas de desenvolvimento de um país.

O entendimento quanto à exclusão de programas de computador é polêmico. Em geral, argumenta-se que uma invenção não pode deixar de ser protegida apenas por ser implementada por um programa de computador e que, portanto, somente o que é “software em si” está excluído da proteção. Infelizmente, esse limite é muito pouco claro e temos inúmeros exemplos de patentes de algoritmos computacionais e puramente matemáticos, como a criptografia de chave pública RSA (já expirada) ou o algoritmo de compressão de dados LZW (já expirada).

---

<sup>12</sup> Artigos 8º, 13 e 15 da mesma Lei.

É muito comum se dizer que patentes de software são permitidas apenas nos EUA, mas não é isso o que de fato ocorre: tal como no Brasil, essas patentes não são reconhecidas nos Estados Unidos mas, também como no Brasil, o limite entre o que é ou não é uma patente de software é muito pouco claro. Dada essa incerteza e o vasto potencial econômico norte-americano, há um grande número de pedidos de patentes desse tipo; a maioria é aceita graças à habilidade dos solicitantes em redigi-los sem caracterizá-los como “patentes de software”.

Há muitas diferenças entre patentes e direitos autorais, mas também há diversas semelhanças. Por exemplo, da mesma forma que nos direitos autorais, os direitos sobre a criação do empregado pertencem ao empregador. No caso das patentes, no entanto, esse direito se estende para patentes solicitadas pelo empregado até um ano após o fim do vínculo empregatício, salvo se for possível provar que não houve relação entre o trabalho do empregado e a patente (aqui também há a inversão do ônus da prova). Além disso, a exploração das patentes também se dá tanto através da cessão quanto do licenciamento da técnica patenteada, mas quase nunca por contratos de adesão.

### **17.2.8 Licenças de Software**

Como vimos anteriormente, o uso, a modificação e a distribuição de qualquer criação protegida por direitos autorais, inclusive software, estão sujeitos às condições estabelecidas pelo seu autor. Embora em alguns casos o programador ou empresa que cria um software possa ceder totalmente seus direitos para outros, o mais usual é definir essas condições através do licenciamento, ou seja, a permissão de uso. Nesses casos, a licença é o contrato pelo qual são concedidos os direitos aos licenciados, declaradas as condições para exercício destes e assegurado o exercício dos direitos autorais se houver violação dos termos da licença (LINBERG, 2008).

#### **17.2.8.1 Conteúdos e Programas na Internet**

Dado que qualquer utilização de uma obra depende de autorização prévia e expressa do autor, obras que não contenham alguma indicação em sentido contrário não podem ser utilizadas para nenhum fim. Assim, embora seja muito comum que programas ou trechos de programas encontrados na Internet sem referência aos direitos autorais sejam tratados como “livres”, seu uso na realidade é ilegal: mesmo que

a disponibilização do conteúdo possa ser entendida como uma forma de autorização, ela não é uma autorização *expressa*.

Os termos detalhados do licenciamento podem ser negociados entre o autor e o licenciado, mas isso não é muito frequente; o mais comum é que o programa seja oferecido sob um conjunto de condições pré-definidas para todos os interessados. Esse tipo de contrato é chamado *contrato de adesão*<sup>13</sup> e seus termos são escolhidos pelo autor. Assim, o que informalmente chamamos “licença” de um software é o contrato de adesão que rege as permissões e restrições impostas ao seu uso e modificação por terceiros (que sequer precisam ser identificados *a priori*). Sem algum tipo de licença desse tipo ou contrato formal (ou sem que você cumpra os termos dessa licença ou contrato), o uso do software é vedado automaticamente pela lei de direitos autorais; assim, se você baixou, instalou, modificou ou usou um dado programa, assume-se que você concordou com sua licença.

#### 17.2.8.2 Tipos de Licença

As condições de licenciamento de um programa expressam as intenções mercadológicas e comerciais do autor em função do modelo de negócio adotado por ele, ou seja, há uma correlação entre os termos da licença e o tipo de exploração comercial pretendida. Na maioria dos casos, a licença permite apenas o uso do software, impondo uma série de outras restrições, principalmente quanto à redistribuição do programa, ao acesso e modificação do código fonte e à engenharia reversa. Em alguns casos, só alguns tipos específicos de uso são permitidos.

Um modelo de negócio trivial é a **venda de cópias** de um programa. Embora informalmente digamos que o usuário “compra um programa”, na realidade ele compra uma cópia física (que pode ser um CD, DVD ou outra mídia), os manuais impressos, a caixa etc. e uma licença não-exclusiva de uso. Com a crescente disseminação da Internet, é cada vez mais comum que compras desse tipo não incluam mais as mídias, manuais etc.; ao invés disso, a compra é feita diretamente online e o usuário baixa da rede uma cópia do programa. Tradicionalmente, as licenças desse tipo proibiam a redistribuição; hoje em dia, no entanto, muitas vezes a cópia e redistribuição é autorizada, mas o programa só passa a funcionar após a ativação por um código de validação forne-

---

<sup>13</sup> Como os contratos típicos entre consumidores e fornecedores de água ou TV a cabo.

cido pelo fabricante em troca do pagamento. Dependendo do caso, o programa pode incluir sistemas de proteção anticópias que verificam periodicamente, através da Internet, a validade desse código.

Um modelo alternativo, relativamente comum em empresas, é o **contrato de assinatura**, no qual a empresa paga um valor mensal ou anual para poder utilizar o programa. Não raramente, assinaturas desse tipo fazem parte de um contrato maior, que inclui suporte técnico, manutenção etc., nos quais o custo do programa em si é pequeno (ou até zero) em relação ao montante total do contrato. Às vezes, o fornecedor define o preço dessa assinatura em função do tamanho da empresa e permite a cópia e a instalação nas máquinas da empresa e dos seus funcionários sem restrições; em outros casos, pode haver controle rigoroso do número de cópias instaladas. Alguns programas destinados a uso em servidores podem ter seu preço definido pelo número de processadores do servidor. O importante desse tipo de modelo é que, direta ou indiretamente, o custo é proporcional ao tamanho da empresa.

Um outro modelo, adotado por alguns desenvolvedores individuais e pequenas empresas, é fornecer o programa gratuitamente, permitindo a redistribuição, mas **solicitando pagamento caso o usuário considere o programa útil**. Sua principal vantagem é se aproveitar dos usuários atuais do programa como canal de divulgação e distribuição para possíveis novos usuários, o que dá o nome ao modelo: *shareware*. Duas variantes desse modelo são a ativação de funcionalidades adicionais no programa para os pagantes e a desativação do programa instalado em uma máquina sem pagamento após um determinado tempo.

A disponibilidade razoavelmente ampla de acesso à Internet viabilizou ao menos três novos modelos que dependem da presença *online* do usuário. Num deles, particularmente comum em dispositivos móveis, o programa é fornecido gratuitamente, mas inclui **anúncios** que aparecem durante seu uso. Em outro, a funcionalidade oferecida pelo programa é apenas parcial; para ser realmente útil, ele **depende de acesso a um servidor na rede**, cujo acesso é cobrado (às vezes nem é preciso haver um programa específico: o navegador age como a interface entre o usuário e o serviço oferecido). O licenciamento, nesses casos, é um híbrido entre uma licença de uso do programa e um

contrato de assinatura para acesso ao serviço, e a licença do programa geralmente determina que ele só pode ser usado em conjunto com o serviço. Finalmente, um outro tipo de licenciamento é aquele no qual o usuário pode utilizar o programa gratuitamente, mas permite ao desenvolvedor a **coleta de diversos dados pessoais**. Um exemplo são os aplicativos voltados para a saúde como os que apoiam e incentivam o exercício físico: vários deles mantém dados sobre onde e quando o usuário se exercita e informações como frequência cardíaca ou hábitos sexuais, que podem ser usados para diversos fins comerciais (WEIGEL, 2016, PARDES, 2018).

#### 17.2.8.3 Software livre

Embora haja variações nos termos específicos das licenças de software que mencionamos, a maioria delas:

- Proíbe ou limita a cópia e a redistribuição
- Não inclui acesso ao código-fonte
- Proíbe a descompilação e a engenharia reversa
- Em alguns casos, restringe o uso a uma finalidade específica, região geográfica delimitada ou à integração com um serviço relacionado

Em contraste, o *software livre*<sup>14</sup> é aquele cujos termos de licenciamento não impõem nenhuma restrição ao seu uso e impõem muito poucas restrições à sua redistribuição, inclusive com modificações.

Cada projeto livre é geralmente administrado de maneira coletiva e pública por uma comunidade dispersa de programadores e usuários que trabalham com ele e que, graças à legislação de direitos autorais, passam a ser co-autores através de suas contribuições ao programa. Essa comunidade pode incluir tanto empresas, às vezes concorrentes entre si, quanto entidades voltadas à pesquisa e programadores voluntários. Como no caso do licenciamento não-livre, a relação desses agentes com o software livre é mediada pelos seus modelos de negócios ou outros interesses e, consequentemente, os termos do licenciamento devem ser vantajosos para todos eles. São esses múltiplos pontos de vista que dão origem às diferenças de licenciamento entre os vários programas livres, mesmo que todos garantam a ampla liberdade de

---

<sup>14</sup> Leia também o Capítulo 18 para saber mais sobre software livre

seu uso e redistribuição. Por exemplo, alguns programas exigem que versões modificadas sejam distribuídas com nomes diferentes, enquanto outros determinam que o nome do desenvolvedor original não pode ser usado em propagandas de produtos derivados do programa.

A despeito dessas particularidades, na prática é bastante comum que, ao invés de redigir detalhadamente os termos específicos de licenciamento para cada programa, os autores adotem um contrato-padrão, quase sempre escrito por terceiros sem qualquer relação com o programa em questão<sup>15</sup>. Além de simplificar a escolha dos termos de licenciamento e reduzir a chance de imprecisões na redação, o uso de contratos-padrão facilita o seu entendimento por parte dos usuários e minimiza incompatibilidades entre as regras de programas diferentes que podem ser integrados. Esses contratos-padrão são normalmente chamados “licenças de software livre” e, embora haja um grande número de licenças desse tipo<sup>16</sup>, é possível agrupá-las em três grandes categorias com apenas duas ou três licenças amplamente utilizadas em cada uma.

#### **17.2.8.3.1 Características das Licenças Livres**

Um programa é considerado software livre se sua licença permite:

- O uso do programa para qualquer fim e por qualquer um
- A modificação do programa (o que implica o acesso ao código fonte)
- A redistribuição, inclusive com modificações

Assim, uma licença livre não pode discriminar qualquer pessoa ou grupo de pessoas nem o uso para um campo de trabalho específico, e deve permitir a criação de versões modificadas e trabalhos derivados. Os direitos ligados a um programa também devem se aplicar a todos para os quais o programa é redistribuído, sem a necessidade de execução de uma licença adicional. A licença ainda deve permitir a redistribuição da versão original, de versões modificadas e de trabalhos derivados, e que todos eles possam ser redistribuídos sob a mesma licença do programa original, mesmo que defina algumas regras para isso (como a exigência de nomes diferentes citada acima).

Desde que atendidos esses requisitos, uma licença livre pode impor diferentes regras. Algumas são muito flexíveis, dando permissão

---

<sup>15</sup> Contratos-padrão são comuns em outras áreas também, como no aluguel de imóveis.

<sup>16</sup> Dê uma olhada em <https://opensource.org/licenses> e em <https://www.gnu.org/licenses/license-list.html>.

total para o uso e a redistribuição do programa com poucas restrições relevantes: são as licenças **permissivas** (por exemplo, as licenças BSD, MIT e Apache). Essas licenças permitem, por exemplo, que o usuário modifique o software e o redistribua com termos de licenciamento diferentes, inclusive não-livres. Outras licenças foram criadas com o objetivo de incentivar a adoção do software livre e, por isso, exigem que a redistribuição de trabalhos derivados do programa seja feita sob os mesmos termos de licenciamento: são as licenças **recíprocas** (“você pode usar meu programa livremente, mas com a condição de eu poder usar suas melhorias livremente também”<sup>17</sup>). Elas podem ser subdivididas em função do alcance dessa ideia: se a continuidade dos termos se aplica apenas às partes do trabalho derivado que são diretamente correspondentes ao código livre original, chamamos a licença de **recíproca parcial** (por exemplo, as licenças MPL e LGPL). É o caso, por exemplo, de uma biblioteca livre que pode ser utilizada por um programa não livre: melhorias no código da biblioteca devem ser redistribuídas sob a licença livre original, mas o restante do programa não. Se a exigência de continuidade dos termos se aplica ao trabalho derivado como um todo (que pode ser um programa muito maior), chamamos a licença de **recíproca total** ou *copyleft*, pois sua motivação é inverter a lógica do copyright (por exemplo, as licenças GPL e AGPL).

As licenças permissivas tornam o software um bem quase público. Em alguns casos, isso favorece a exploração comercial do programa, mas pode resultar em versões incompatíveis oferecidas por diferentes fornecedores e minar a colaboração entre empresas concorrentes usuárias do programa, além de possivelmente tornar obsoleta a versão livre original. Elas costumam ser uma boa escolha para projetos que pretendem implantar algum novo padrão tecnológico, como formatos de áudio/vídeo ou protocolos de comunicação: qualquer entidade pode adotar o padrão com facilidade através da incorporação do programa livre que a implementa.

Defensores das licenças recíprocas argumentam que programas livres devem continuar livres para beneficiarem o maior número de

---

<sup>17</sup> Mas observe que, se você modificou um programa livre, só é obrigado a compartilhar suas melhorias se você redistribui-lo ou, no caso da AGPL, se fornecer acesso remoto a ele; melhorias feitas para seu próprio uso podem permanecer secretas.

pessoas possível. Com isso em mente, Richard Stallman criou, em 1984, a licença GPL, que é a principal licença recíproca total. Seu objetivo central era impedir que código livre fosse licenciado sob termos restritivos após ser modificado por organizações comerciais. Intuitivamente, a GPL pode parecer menos atrativa para a exploração comercial, o que de fato acontece em alguns contextos e para alguns atores; em outros casos, no entanto, ela pode auxiliar na sustentabilidade de um programa livre. Por exemplo, a GPL foi um fator importante no sucesso e uso crescentes do kernel Linux ao longo das últimas 3 décadas, garantindo que as várias empresas interessadas colaborassem entre si ao invés de promover melhorias independentes e incompatíveis.

#### GPL, o denominador comum do software livre

A forte aceitação da GPL 2.0 pela comunidade de desenvolvedores e usuários nos anos 1990 e 2000 levou à criação de um “ambiente uniforme de licenciamento” (PHIPPS, 2012), gerando uma gama de sistemas interoperáveis tanto no nível de código quanto no de compartilhamento (LINBERG, 2008). O impacto da introdução do *copyleft*, imprescindível para muitos projetos de software livre, perdura até os dias atuais e a GPL ainda figura como a licença mais popular de software livre em diversos cenários.



Finalmente, as licenças recíprocas parciais procuram não só encontrar um meio termo entre o interesse comercial e o benefício público mas também gerar um ambiente para a colaboração entre empresas sem impedir eventuais vantagens comerciais. Com licenças desse tipo, programas ou bibliotecas de uso comum são tratadas mais como *custos* que como *bens*. Sendo assim, faz sentido para as empresas promover o desenvolvimento aberto e compartilhado desses programas como forma de redução desses custos. A partir desse software comunitário, as empresas competem entre si, cada uma oferecendo serviços relacionados (customização, treinamento, implantação etc.) ou extensões ou programas adicionais não-livres. Essa dinâmica tem levado boa parte das empresas que decidem criar um novo programa livre ou transformar um programa preexistente em software livre a escolher licenças dessa categoria.

## Atratividade de licenças livres



A escolha da licença interfere na atração e repulsão de usuários e colaboradores de projetos de software livre (HASTENREITER; DENNER, 2015; DENNER; KUK; KON; PEARSON, 2013). As condições impostas pelas licenças são responsáveis por parte da motivação dos desenvolvedores e usuários interessados em contribuir para o projeto (STEWART; AMMETER; MARUPING, 2006). O estudo de LERNER e TIROLE (2005) encontrou resultados consistentes com a hipótese de que licenças mais restritivas são mais adotadas quando o software é direcionado a usuários finais, enquanto licenças menos restritivas são frequentemente adotadas para projetos orientados para desenvolvedores, para a Internet ou sistemas operacionais proprietários. Os autores sugerem que licenças mais restritivas, ao proteger o software de apropriações proprietárias, protegem o trabalho realizado e dão mais segurança aos desenvolvedores, enquanto que licenças não restritivas permitem que cada colaborador busque seus objetivos com mais autonomia. Hostenreiter (HASTENREITER; DENNER, 2015) aponta que licenças não restritivas avançam mais rapidamente do estágio pré-alfa para o estágio beta. FERSHTMAN e GANDAL (2007) encontraram evidências na mesma direção: a atividade dos colaboradores (mais especificamente o número de linhas de código fonte) em projetos de software livre é maior quando as licenças são menos restritivas e mais orientadas comercialmente.

### 17.2.8.3.2 Creative Commons

Na esteira do movimento pelo software livre e suas licenças, Lawrence Lessig, professor de direito da Universidade de Harvard, criou o movimento *Creative Commons*. A ideia do movimento é que o compartilhamento de outras formas de conhecimento além de programas de computador também é vantajoso, mas para isso é preciso definir licenças específicas. Creative Commons, portanto, define uma família de licenças diferentes entre si. Todas elas exigem a atribuição da autoria (ou seja, o respeito aos direitos morais) e permitem o uso e a redistribuição sem fins comerciais da obra licenciada, mas algumas dão permissões adicionais, a partir de mais de três perguntas:

- (i) A licença exige a atribuição de autoria? (“BY”; em praticamente todos os casos, a resposta é sim e, no Brasil, isso é obrigatório, pois a lei determina que os direitos morais são intransferíveis e irrenunciáveis)
- (=) A licença restringe a criação de trabalhos derivados? (“ND”, ou seja “No Derivs”)
- (฿) A licença restringe o uso comercial? (“NC”, ou seja, “Non-Commercial”)
- (C) A licença exige que a redistribuição seja feita sob a mesma licença? (“SA”, ou seja, “Share-Alike”)

Combinando-se as possibilidades, a família é composta de 6 licenças diferentes<sup>18</sup>:



**CC-BY:** O uso comercial, os trabalhos derivados e sua redistribuição com outra licença são permitidos;



**CC-BY-NC:** O uso comercial não é permitido, mas os trabalhos derivados e sua redistribuição com outra licença sim;



**CC-BY-ND:** O uso comercial é permitido, mas trabalhos derivados não;



**CC-BY-SA:** O uso comercial e trabalhos derivados são permitidos, mas a redistribuição com outra licença não;



**CC-BY-NC-SA:** O uso comercial não é permitido; trabalhos derivados são permitidos, mas sua redistribuição com outra licença não;



**CC-BY-NC-ND:** O uso comercial e os trabalhos derivados não são permitidos.

Apesar do caráter comunitário do movimento Creative Commons, Richard Stallman, um dos pioneiros do software livre, sugere que as licenças CC-BY-NC e CC-BY-NC-SA sejam evitadas (STALLMAN, 2012). O problema, segundo ele, é que o objetivo das licenças Creative Commons “NC” não é impedir o uso comercial das criações, mas sim impedir o uso comercial *automático*. Uma empresa interessada em usar algum conteúdo comercialmente pode obter uma licença diferente junto ao autor (talvez mediante pagamento). No entanto, como essas duas licenças permitem trabalhos derivados, uma obra pode acabar tendo múltiplos autores, tornando praticamente impossível negociar uma licença separada para uso comercial nesse caso.

Licenças da família Creative Commons são usadas em diversos contextos. Por exemplo, as páginas da Wikipédia são disponibilizadas usando a licença CC-BY-SA; o MIT OpenCourseware usa a licença CC-BY-NC-SA; e materiais acessórios de programas de computador, como sons, imagens ou documentação, muitas vezes também usam alguma licença da família.

---

<sup>18</sup> Você pode saber mais sobre como avaliar as licenças de acordo com sua necessidade em <https://creativecommons.org/choose/?lang=pt>.

### **“Piratas da Informática: Piratas do Vale do Silício” (1999)**



*Bill Gates:* Talvez haja algumas... semelhanças.

*Steve Jobs:* Semelhanças?! Semelhanças?! Melhor “roubo”.

O filme conta, com razoável precisão, a história do nascimento da Apple e da Microsoft, acompanhando a trajetória de seus fundadores, Steve Jobs e Bill Gates, e mostrando as enormes diferenças entre eles. Em particular, o filme aborda a discussão sobre quem seriam os criadores da interface gráfica: Xerox, Apple, Microsoft?

## **17.3 Problemas dos direitos autorais e do sistema de patentes**

embora tenham nascido como ferramentas para proteger os autores e inventores e incentivar o desenvolvimento da indústria criativa em todos os seus segmentos, os mecanismos de direitos autorais e o sistema de patentes também têm apresentado problemas significativos que, em alguns casos, fazem com que eles sejam um obstáculo à criação e à inventividade.

### **17.3.1 Problemas dos direitos autorais**

um problema central dos direitos autorais é seu *escopo crescente*: tanto o período de proteção quanto o rigor para determinar o que é uma cópia ou plágio aumentaram, e há propostas de legislação para ampliar esse escopo ainda mais.

O período de proteção atual é muito maior que quando a primeira lei de *copyright* surgiu na Inglaterra em 1710 (GRÃ-BRETANHA, 2008; ASSOCIATION OF RESEARCH LIBRARIES, s.d.). Naquela época, sua duração era de 14 anos, extensível por mais 14 anos caso o autor ainda estivesse vivo. Por volta do início do Século XIX, a duração foi aumentada para 28 anos extensíveis por mais 14 nos Estados Unidos, para a vida do autor mais 7 anos no Reino Unido (REINO UNIDO, s.d.) e para a vida do autor mais 10 anos na França (THIOLLIÈRE, 2006). Com a revisão dos termos da Convenção de Berna em 1908, a duração dos direitos autorais patrimoniais passou a ser amplamente reconhecida como pelo menos a vida inteira do autor mais 50 anos após a sua morte, beneficiando assim seus descendentes (e eventuais empresas que explorassem as criações comercialmente).

Essa longa duração é quase sempre bem maior que a utilidade da própria obra, a despeito do fato de que seu ciclo de produção, distribuição e venda acontece hoje muito mais rapidamente e com abrangência geográfica muito maior que no passado. Isso coloca em xeque a ideia original de que a proteção deveria servir como incentivo à criação e garantia de dignidade e retorno do investimento para os criadores, aproximando exageradamente os direitos autorais da noção de *propriedade*<sup>19</sup>. Esse problema se agrava no caso do software: 50 anos, em geral, excede em muito o ciclo de vida útil de um programa, o que resulta na limitação desnecessária da liberdade no desenvolvimento da ciência e da tecnologia.

O escopo da proteção também tem aumentado na medida em que o entendimento a respeito do que é uma “cópia” ou “plágio” vem se tornando mais extremado. Um exemplo que gerou bastante controvérsia (FAMÍLIA..., 2018) foi o caso da canção “Blurred Lines”, de Robin Thicke e Pharrell Williams, condenados por plágio da canção “Got to Give It Up”, de Marvin Gaye. No campo da legislação, a União Europeia está analisando seriamente uma mudança nas leis de direitos autorais do continente (DOCTOROW, 2018a) que permitiria a empresas de notícias cobrar de outras empresas, como Google ou Facebook, sempre que essas empresas mostrassem *links* para suas notícias. Não é difícil imaginar os vários impactos negativos de uma legislação desse tipo, especialmente sobre empresas de menor porte.

Um problema relacionado e difícil dos direitos autorais está na determinação do que está ou não incluído nas exceções à proteção (ou no *fair use* dos EUA). A lei permite, por exemplo, a cópia de “pequenos trechos”, mas o que é ou não pequeno depende de interpretação. Isso acaba normalmente sendo decidido nos tribunais e as decisões anteriores são usadas para balizar a prática presente. O problema é que a mera possibilidade de uma batalha judicial é suficiente para desestimular o uso de uma obra, mesmo que dentro do que a lei permite.

Um exemplo marcante (LESSIG, 2005; RAMSEY, 2005) se refere ao documentário “Sing Faster: The Stagehands’ Ring Cycle”, de Jon Else, sobre uma montagem do ciclo “O Anel dos Nibelungos”, de Richard Wagner. Durante as filmagens do documentário, uma televisão ao

---

<sup>19</sup> De fato, é bastante comum a expressão “propriedade intelectual” para tratar de direitos autorais, patentes e marcas, a despeito das especificidades de cada um deles e de não se tratar, efetivamente, de formas de “propriedade”.

fundo de uma sala exibia um episódio de “Os Simpsons”. A duração total da cena em que a televisão aparece é de 4,5 segundos mas, depois de um pedido de US\$10.000,00 por parte da Fox (proprietária dos direitos do seriado) e orientação de advogados sobre os altos custos de um eventual processo judicial, os produtores desistiram de incluir a cena com base no *fair use*.

Outro caso importante foi o de Stephanie Lenz (McSHERRY, 2018), que publicou no YouTube um vídeo<sup>20</sup> de 29 segundos em que seu filho de 13 meses dançava em casa ao som de “Let’s Go Crazy”, de Prince. A Universal Music Group solicitou a exclusão do vídeo alegando violação de direitos autorais, e o YouTube acatou a solicitação. A Electronic Frontier Foundation, uma ONG americana dedicada a questões relativas ao direito individual no ambiente digital, se interessou pelo caso e processou a Universal Music Group por abuso. Embora haja consenso de que o vídeo está enquadrado no *fair use*, o processo chegou ao fim através de um acordo, ou seja, não houve punição significativa para a Universal (que certamente agiu da mesma forma em muitos outros casos).

A fiscalização automatizada dos direitos autorais também é preocupante. Até o começo do século XX, fazer cópias de uma obra envolvia equipamentos caros e, portanto, essa era uma atividade exclusiva de editores profissionais. Os direitos autorais, portanto, funcionavam em grande medida como um regulamento industrial, sem impacto negativo sobre a população em geral. As invenções da máquina copiadora, das fitas de áudio e vídeo cassete e, finalmente, do computador mudaram esse quadro, tornando a cópia uma atividade corriqueira mas, ainda assim, em muitos casos ilegal, o que levou ao desenvolvimento de mecanismos anti-cópias.

No ambiente digital, há diversos tipos de sistemas anti-cópias. Alguns programas de computador dependem de um dispositivo de hardware fornecido junto com o programa (*dongle*) que funciona como uma chave: o programa apenas inicia se ele estiver conectado à máquina. Outros criam arquivos ou dados escondidos no disco rígido do computador durante a instalação e não funcionam se forem copiados para outro disco. Com a popularização da Internet, atualmente vários sistemas autenticam periodicamente a cópia em execução no

---

20 <https://www.youtube.com/watch?v=N1KfJHFWlhQ>.

computador junto a um servidor central. O mais comum hoje em dia, no entanto, é o uso de sistemas de DRM (“Digital Rights Management”): o hardware, o sistema operacional ou um programa auxiliar detectam quais atividades são ou não autorizadas e permitem ou impedem o computador de executá-las.

Tanto a autenticação periódica quanto as ferramentas de DRM são problemáticas do ponto de vista do direito à privacidade e liberdade dos usuários. Ainda assim, em 1996, a Organização Mundial de Propriedade Intelectual publicou um tratado sobre direitos autorais<sup>21</sup> estendendo a Convenção de Berna em diversas áreas. Em particular, seu Artigo 11 exige que os países signatários implementem restrições legais para tentativas de contornar sistemas anti-cópias, o que se aplica a essas ferramentas. Na prática, a legislação dá aos criadores de sistemas anti-cópias o poder de tornar ilegais até mesmo os usos permitidos pelas exceções da lei.

Embora o Brasil não seja signatário desse acordo, o artigo 107 da Lei 9.610 inclui sanções correspondentes. No entanto, o país que levou mais longe essa determinação foram os EUA, por meio do *Digital Millennium Copyright Act* (DMCA). Essa lei foi muito bem recebida pelos gigantes da indústria do entretenimento, como as editoras de livros, música, e a indústria do cinema e a maioria das grandes empresas de software, mas sofreu também muitas críticas de cientistas e das comunidades de software livre e Creative Commons.

Um caso emblemático envolvendo o DMCA aconteceu quando o programador russo Dmitry Sklyarov foi preso por um mês nos EUA por ter realizado uma apresentação na conferência pública DEF CON em Las Vegas intitulada “eBook’s Security – Theory and Practice”. Em sua apresentação, Sklyarov falou sobre o software de sua empresa que era comercializado na Rússia e permitia a quebra da segurança de eBooks da Adobe. O software estava perfeitamente dentro da lei na Rússia e o programador não cometeu nenhum ato ilegal durante a DEF CON mas, mesmo assim, foi preso nos EUA e impedido de voltar à Rússia por 6 meses. Sua prisão foi publicamente apoiada pela *Association of American Publishers* mas ele foi considerado inocente de todas as acusações após 18 meses pela justiça dos EUA.

---

21 <http://www.wipo.int/treaties/en/ip/wct/>.

Além de proibir e criminalizar o uso e divulgação de ferramentas capazes de contornar sistemas anti-cópias, o DMCA também permite que detentores de *copyright* possam solicitar a empresas de internet, como Google, Flickr, Facebook ou empresas de hospedagem de sites, que removam da rede material que supostamente infrinja seus direitos, sem necessidade de ordem judicial. Caso se recuse, a empresa fica sujeita a um possível processo, com potencial de grandes perdas financeiras. Por via das dúvidas, as empresas quase sempre preferem retirar o material do ar a fazer qualquer checagem sobre se o pleito é realmente apropriado ou se se trata de uma alegação sem fundamento (até porque fazer essa checagem em grande escala é inviável). Como no caso dos sistemas anti-cópias, o poder de fiscalização deixou de ser papel exclusivo do Estado e foi colocado nas mãos dos detentores dos direitos, com a consequente possibilidade de abuso.

A lei brasileira nesse ponto é mais equilibrada: segundo o Marco Civil da Internet no Brasil<sup>22</sup>, as empresas de internet não são responsabilizadas por danos decorrentes de conteúdo gerado por terceiros. Por outro lado, caso recebam uma ordem judicial, são obrigadas a retirar do ar material considerado impróprio, incluindo violações de direitos autorais. No entanto, essa não é uma situação estável, já que houve e há diversas tentativas de implantar mecanismos mais rígidos, como a chamada Lei Azeredo, que pretendia obrigar os provedores a fiscalizar e guardar os registros da atividade de seus usuários e de tornar crime, explicitamente, o compartilhamento de arquivos.

Tais disposições até agora não foram aprovadas pelo legislativo. Ainda assim, o movimento na direção de um maior controle sobre os usuários em relação aos direitos de autor é comum em todo o mundo. A União Europeia está considerando uma mudança na lei (DOCTOROW, 2018b) que tornaria obrigatório para qualquer sítio na web que inclua conteúdo fornecido por seus usuários (como o Facebook ou a Wikipedia) a filtragem prévia dessas contribuições para garantir que não se trata de material protegido por direitos de autor. A proposta traz consigo uma infinidade de problemas, mas está bastante avançada no processo de aprovação.

---

22 Lei 12.965, de 23/4/2014.



Quase a totalidade dos países do mundo, incluindo o Brasil, dispõem de leis rígidas protegendo o copyright e criminalizando a realização de cópias ilegais. No entanto, neste início de Século 21, a maioria do conteúdo artístico, literário, musical e cinematográfico é distribuído em formato digital, o que facilita enormemente a sua cópia por qualquer usuário com o mínimo de informação. Principalmente entre as novas gerações, a realização de cópias ilegais de livros, músicas e filmes é um ato rotineiro que a maioria das pessoas realiza abertamente. Assim, há um grande descompasso entre a legislação vigente e a prática da população. Quais serão as consequências disso a longo prazo: A legislação vai mudar para se tornar mais tolerante? Ou a perseguição a esse tipo de “crime” irá se intensificar? Ou continuaremos no estado atual onde o descompasso entre a legislação e a prática se manterá?

### 17.3.2 Problemas das Patentes

O sistema de patentes tem quatro problemas principais:

- Em muitos casos, uma patente não é um invento completo, mas depende de outros inventos (e patentes) para tornar viável um produto. Um telefone celular, por exemplo, contém dentro de si invenções protegidas por centenas de patentes de dezenas de diferentes empresas. É comum, portanto, que o desenvolvimento de novos produtos envolva uma ampla pesquisa prévia sobre patentes relacionadas, além do pagamento de *royalties* e de inúmeros acordos de licenciamento e cessão. Nessas situações, é duvidoso se a patente cumpre seu objetivo de promover o desenvolvimento tecnológico ou se ela age no sentido contrário, especialmente para as pequenas empresas.
- O mecanismo depende de um órgão governamental e seus técnicos para avaliar a validade ou não das patentes requeridas. Além dos custos envolvidos, o prazo de análise muito comumente se estende por anos, colocando tanto o solicitante quanto seus potenciais concorrentes numa situação de incerteza jurídica.
- Como mencionado anteriormente, há diversos incentivos para empresas e países aumentarem o número de patentes, o que muitas vezes resulta no registro de patentes irrelevantes. Além de não contribuírem com o desenvolvimento tecnológico, essas patentes muitas vezes são empecilhos para o desenvolvimento de outras técnicas ou produtos relacionados.
- Tal qual os direitos autorais, o sistema de patentes também vem tendo seu escopo ampliado. Medicamentos, por exemplo, não eram patenteáveis na maior parte do mundo até o final da

segunda guerra mundial, mas isso foi mudando gradativamente nas décadas seguintes (GAUDILLIÈRE, 2008)<sup>23</sup>.

O maior escopo das patentes, o incentivo artificial ao patenteamento e a aceleração do desenvolvimento tecnológico do último século resultaram no enorme aumento no número de patentes existentes. Isso, por sua vez, aumentou de maneira exponencial o problema da interdependência entre patentes e sobrecregou os órgãos responsáveis pela análise dos pedidos, como o INPI, prolongando ainda mais o tempo de análise dos pedidos e tornando ainda mais comum a aprovação de patentes esdrúxulas<sup>24</sup>, num círculo vicioso que enfraquece cada vez mais a utilidade do sistema patentário.

As grandes empresas resolvem esse imbróglio legal mantendo um portfólio de dezenas de milhares de patente<sup>25</sup> e fazendo acordos de licenciamento mútuo: “você não me processa por este meu produto e eu não te processo por aquele seu outro produto”, de forma a obter uma “paz armada”. Nesses casos, as patentes em si não geram lucro de fato, mas viabilizam esses acordos e geram números muito impressionantes para mostrar aos acionistas. Os mais afetados por esse estado de coisas são os inventores individuais e as pequenas empresas, que dificilmente podem desenvolver um produto minimamente complexo sem estarem sujeitos a ataques jurídicos de advogados de empresas nem sempre bem intencionadas.

Esses problemas afetam, em maior ou menor grau, praticamente todas as áreas da tecnologia em que patentes são válidas. Já o software, tal qual os métodos matemáticos e outros itens, é excluído formalmente da proteção patentária porque (1) já há proteção por direitos autorais e (2) a vasta gama de aplicações do software faria essas patentes terem efeitos sobre um grande número de indústrias e produtos, atrapalhando mais que auxiliando o desenvolvimento tecnológico. Na prática, no entanto, desde a década de 1980 os EUA passaram a conceder de forma rotineira patentes de invenções totalmente relacionadas a software (embora sempre qualificadas de maneira diferente, já que patentes de

---

<sup>23</sup> O Brasil só passou a reconhecer patentes de medicamentos em 1996, quando a Lei 5.772, de 21/12/1971, foi substituída pela Lei 9.279, de 14/05/1996.

<sup>24</sup> O INPI está tão sobrecregado que está propondo uma autorização temporária permitindo a outorga automática dos pedidos que estão atualmente em espera (INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL, 2018).

<sup>25</sup> A IBM é a líder mundial em concessões de novas patentes, tendo aprovado 9043 patentes em 2017 e ultrapassando a marca total de 100 mil patentes.

software não são formalmente aceitas pelo sistema legal norte-americano). Dada a influência dos EUA, a prática de muitos outros países (inclusive o Brasil) tem se tornado mais e mais simpática às patentes de software, inclusive com propostas de mudanças na lei, trazendo todos esses problemas para o contexto do software.

Um problema adicional das patentes que afeta especialmente o software é o surgimento das chamadas *Patent Trolls*, empresas supostamente de TI mas que não possuem em seu quadro nenhum profissional de computação. Em seu lugar, elas têm uma legião de advogados especialistas em processar empresas que buscam criar novos produtos que supostamente estariam infringindo alguma patente em seu portfólio. Essas *Patent Trolls* adquirem de terceiros uma grande quantidade de patentes e sua única atividade é buscar vítimas para serem processadas. Mesmo quando as acusações são completamente infundadas, como os custos de processos judiciais são enormes, muitas vezes as vítimas preferem pagar uma quantia para encerrar o processo do que entrar numa longa e custosa batalha judicial que pode se estender por vários anos. A atuação dos *Patent Trolls* evidencia a corretude da exclusão do software do sistema de patentes.

#### Outras proteções legais à criação intelectual



Além dos direitos autorais e das patentes de invenção, discutidos neste texto, há outras formas de proteção a criações intelectuais na lei de propriedade industrial: as patentes de modelos de utilidade são similares às patentes de invenção, mas se referem a melhorias funcionais de objetos, como por exemplo um espremedor de laranjas com ranhuras mais eficientes; o registro de marcas garante a exclusividade de uso de sinais distintivos que identificam uma entidade ou produto, como o logotipo de uma empresa, podendo ser renovado indefinidamente; e o registro de desenho industrial protege a aparência distintiva de um produto, como o formato das garrafas de coca-cola ou os ícones na interface de um programa de computador (nos EUA, a proteção de registro de desenho industrial é às vezes chamada de “design patent”). Finalmente, a lei de direitos autorais prevê também os direitos conexos, que se aplicam aos intérpretes de uma obra (músicos, atores etc.), aos produtores fonográficos e às emissoras de radiodifusão.

### 17.4 Considerações finais

O conhecimento, a arte e a tecnologia evoluem com base em criações anteriores. Para incentivar novas criações intelectuais e sua divulgação, alimentando esse círculo virtuoso, as legislações de direitos autorais e patentes garantem o monopólio temporário sobre as obras para seus criadores. Assim, autores e inventores podem obter ganhos através do licenciamento (uma permissão limitada de uso) ou da cessão (equivalente a uma venda) dessas criações.

Direitos autorais protegem a forma de expressão de uma ideia, enquanto patentes protegem técnicas ou inventos com aplicação industrial em troca da publicação sobre seu funcionamento. Embora possa ter aplicações industriais, o software é objeto de proteção por direitos autorais. Ainda assim, na prática várias patentes relacionadas também têm sido outorgadas.

Com o crescimento da tecnologia em geral e da computação em particular, essas leis e suas interpretações têm tido alcance cada vez maior, mas seus problemas também têm se tornado cada vez mais evidentes. Alternativas, na forma de movimentos como o software livre e Creative Commons, vêm ganhando espaço propondo uma cultura de compartilhamento da informação.

## 17.5 Leituras recomendadas

- **Everything is a Remix** (FERGUSON, 2015). Este documentário em três partes mostra, com exemplos da música, cinema e outras mídias, como a criação depende do conhecimento preexistente. Disponível (com legendas em português) em <https://www.youtube.com/watch?v=nJPERZDfyWc>.
- **Um estudo sistemático de licenças de software livre** (SABINO, 2012). Esta dissertação de mestrado descreve e discute algumas licenças de software livre importantes. Disponível em <http://dx.doi.org/10.11606/D.45.2011.tde-14032012-003454>.

## 17.6 Atividades sugeridas

1. Até onde deve ir a proteção aos direitos autorais?
  - a. Se, em um projeto de software livre, você corrige um bug em que o código fazia uma comparação com “>” quando o correto seria “>=”, você passa a ser co-autor do programa?
  - b. Se um amigo pede para você revisar um texto e você acrescenta algumas frases e modifica outras, você passa a ser co-autor do trabalho?
  - c. Se você escrever uma implementação do algoritmo *quicksort* em linguagem C e eu mostrar que sua implementação é praticamente idêntica à minha, você violou meus direitos autorais?

2. Quando se aplica a proteção por patente?
  - a. Programas de computador não são escritos do zero; em geral, um dado programa utiliza diversos outros programas pré-prontos, chamados *bibliotecas*. Por exemplo, ao escrever um programa que se comunica com um servidor via rede, não é necessário criar o código de comunicação, basta usar uma biblioteca dedicada. Essas bibliotecas oferecem uma API (Application Programming Interface, ou Interface de Programação de Aplicações) pela qual seu programa utiliza essa biblioteca (da mesma forma que os pedais de um carro ou os botões de um rádio oferecem uma interface para controlar o dispositivo). É claro que as bibliotecas são protegidas por direitos autorais, mas será que é possível fazer uma nova biblioteca concorrente usando a mesma API ou será que a API também é protegida? Ou será que APIs são protegidas por patentes? Ou será que não há proteção alguma sobre elas? O que acontece quando se quer garantir a interoperabilidade?
  - b. Você já deve ter ouvido falar em “arquivos MP3”, utilizados para armazenar áudio (em geral, música). O formato MP3 é baseado em um programa que remove aspectos do som que têm pouca relevância para a percepção humana, permitindo que o arquivo fique menor. Como esse mecanismo é implementado e totalmente baseado em um programa de computador, será que ele pode ser patenteado?
3. Quando se aplica a Lei de Software?
  - a. Jogos de computador modernos em geral consistem em duas partes: um *programa básico*, que estabelece os mecanismos de contagem de pontos, movimento das personagens, simulação de coisas do mundo real (como a gravidade) etc., e o *enredo*, que consiste na aparência das personagens e do ambiente, os desafios a serem vencidos a cada fase do jogo etc. Tendo em vista esse aspecto híbrido, será que as regras específicas da Lei de Software se aplicam a jogos de computador ou será que se aplicam apenas ao programa básico, mas não ao enredo? Será que é possível separar essas duas partes para a aplicação da lei?

## Referências bibliográficas

“LET’S Go Crazy” #1. [S.L], 2007. (29 seg.), son., color. Disponível em: <https://www.youtube.com/watch?v=N1KfJHFWlhQ>. Acesso em: 16 set. 2020.

ASSOCIATION OF RESEARCH LIBRARIES. **Copyright Timeline: A History of Copyright in the United States**, s.d. url: [www.arl.org/focus-areas/copyright-ip/2486-copyright-timeline](http://www.arl.org/focus-areas/copyright-ip/2486-copyright-timeline). Acesso em 16 jul. 2018.

COMMITTEE ON THE JUDICIARY OF THE UNITED STATES SENATE. **Report of the President’s Commission on the Patent System**, 1967. url: [digitalcommons.law.scu.edu/historical/9](http://digitalcommons.law.scu.edu/historical/9). Acesso em 16 jul. 2018.

DENNER, C.; KUK, G; KON, F.; PEARSON, J. The attraction of contributors in free and open source software projects. **The Journal of Strategic Information Systems** 22.1, mar. 2013, pgs. 26–45. doi: doi.org/10.1016/j.jsis.2012.07.004.

DOCTOROW, C. Europe’s new link tax will enshrine big tech’s stranglehold over the internet. **Motherboard**, 18 jun. 2018a. url: [motherboard.vice.com/en\\_us/article/9k8vd5/europe-link-tax-copyright-reform](http://motherboard.vice.com/en_us/article/9k8vd5/europe-link-tax-copyright-reform). Acesso em 16 jul. 2018.

DOCTOROW, C. **The EU’s Copyright Proposal is Extremely Bad News for Everyone, Even (Especially!) Wikipedia**, 2018b. url: [www.eff.org/deeplinks/2018/06/eus-copyright-proposal-extremely-bad-news-everyone-even-especially-wikipedia](http://www.eff.org/deeplinks/2018/06/eus-copyright-proposal-extremely-bad-news-everyone-even-especially-wikipedia). Acesso em 16 jul. 2018.

FAMÍLIA de Marvin Gaye vence processo de plágio contra Robin Thicke e Pharrell Williams. **O Globo**, 22 mar. 2018. url: [oglobo.globo.com/cultura/musica/familia-de-marvin-gaye-vence-processo-de-plagio-contra-robin-thicke-pharrell-williams-22515394](http://oglobo.globo.com/cultura/musica/familia-de-marvin-gaye-vence-processo-de-plagio-contra-robin-thicke-pharrell-williams-22515394). Acesso em 16 jul. 2018.

FERGUSON, K. **Everything is a Remix** (Documentário), 2015. url: [www.youtube.com/watch?v=nJPERZDfyWc](https://www.youtube.com/watch?v=nJPERZDfyWc) (com legendas em português). Acesso em 06 mai. 2019.

FERSHTMAN, C.; GANDAL, N. Open source software: motivation and restrictive licensing. **International Economics and Economic Policy** 4.2, ago. 2007, pgs. 209–225. doi: doi.org/10.1007/s10368-007-0086-4.

FRANÇA. **Décret de la Convention Nationale relatif aux droits de**

**propriété des auteurs d’écrits en tout genre, des compositeurs de musique, des peintres et dessinateurs**, 19 jul. 1793. url: archive.org/details/dcretdelaconvent00fran\_3. Acesso em 16 jul. 2018.

GAUDILLIÈRE, J-P. How pharmaceuticals became patentable: the production and appropriation of drugs in the twentieth century. **History and Technology** 24.2, jun. 2008, pgs. 99–106. doi: doi.org/10.1080/07341510701810906.

GNU OPERATING SYSTEM. Various Licenses and Comments about Them. Disponível em: <https://www.gnu.org/licenses/license-list.html>. Acesso em: 16 set. 2020.

GRĀ-BRETANHA. The statute of Anne, 1710. In: Lillian Goldman Law Library (ed. - avalon.law.yale.edu). **The Avalon Project: Documents in Law, History and Diplomacy**, 2008. url: avalon.law.yale.edu/18th\_century/anne\_1710.asp. Acesso em 16 jul. 2018.

HANKS, S. **In Halt and Catch Fire, why was it important to reverse engineer the BIOS if they couldn’t use it?** (Quora answer), 11 jul. 2016. url: [www.quora.com/In-Halt-and-Catch-Fire-why-was-it-important-to-reverse-engineer-the-BIOS-if-they-couldnt-use-it/answer/Stan-Hanks](http://www.quora.com/In-Halt-and-Catch-Fire-why-was-it-important-to-reverse-engineer-the-BIOS-if-they-couldnt-use-it/answer/Stan-Hanks). Acesso em 16 jul. 2018.

HASTENREITER, D.M.; DENNER, C. Impactos da escolha da licença na dinâmica de desenvolvimento de software livre. In: **Proceedings of the 21st Americas Conference on Information Systems -- AMCIS**, Porto Rico, 13–15 ago. 2015. url: [aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1350&context=amcis2015](http://aisel.aisnet.org/cgi/viewcontent.cgi?article=1350&context=amcis2015). Acesso em 16 jul. 2018.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL. **INPI discute proposta de procedimento simplificado de deferimento de patentes**, 13 mar. 2018. url: [www.inpi.gov.br/noticias/inpi-discute-proposta-de-procedimento-simplificado-de-deferimento-de-patentes](http://www.inpi.gov.br/noticias/inpi-discute-proposta-de-procedimento-simplificado-de-deferimento-de-patentes). Acesso em 16 jul. 2018).

LERNER, J.; TIROLE, J. The scope of open source licensing. **The Journal of Law, Economics, and Organization** 21.1, abr. 2005, pgs. 20–56. doi: doi.org/10.1093/jleo/ewi002.

LESSIG, L. Capítulo 7: Gravadores. In: **Cultura Livre**, 2005. Trad. por Fábio Emilio Costa. url: [softwarelivre.org/articles/0018/5102/lawrence-lessig-cultura-livre.pdf](http://softwarelivre.org/articles/0018/5102/lawrence-lessig-cultura-livre.pdf). Acesso em 16 jul. 2018.

LINBERG, V. Choosing a licence. In: **Intellectual Property and Open Source: A Practical Guide to Protecting Code**. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, 2008. Cap. 10, pgs. 197–214.

McSHERRY, C. **After More Than a Decade of Litigation, the Dancing Baby Has Done His Part to Strengthen Fair Use for Everyone**, 27 jun. 2018. url: [www.eff.org/deeplinks/2018/06/after-more-decade-litigation-dancing-baby-ready-move](http://www.eff.org/deeplinks/2018/06/after-more-decade-litigation-dancing-baby-ready-move). Acesso em 16 jul. 2018.

OPEN SOURCE INITIATIVE. Licenses & Standards. Disponível em: <https://opensource.org/licenses>. Acesso em: 16 set. 2020.

PARDES, A. How to manage your privacy on fitness apps. **Wired**, 30 jan. 2018. url: [www.wired.com/story/strava-privacy-settings-how-to/](http://www.wired.com/story/strava-privacy-settings-how-to/). Acesso em 16 jul. 2018.

PHIPPS, S. Is GPL licensing in decline? **InfoWorld**, 27 abr. 2012. url: [www.infoworld.com/article/2617113/open-source-software/is-gpl-licensing-in-decline-.html](http://www.infoworld.com/article/2617113/open-source-software/is-gpl-licensing-in-decline-.html). Acesso em 16 jul. 2018.

RAMSEY, N. The hidden cost of documentaries. **The New York Times**, 16 out. 2005. url: [www.nytimes.com/2005/10/16/movies/the-hidden-cost-of-documentaries.html](http://www.nytimes.com/2005/10/16/movies/the-hidden-cost-of-documentaries.html). Acesso em 16 jul. 2018.

REINO UNIDO. Copyright law amendment act, 1842. In: Bently & Kretschmer (eds - [www.copyrighthistory.org](http://www.copyrighthistory.org)). **Primary Sources on Copyright (1450-1900)**, s.d. url: [www.copyrighthistory.org/cam/tools/request/showRecord.php?id=record\\_uk\\_1842](http://www.copyrighthistory.org/cam/tools/request/showRecord.php?id=record_uk_1842). Acesso em 16 jul. 2018.

SABINO, V. C. **Um estudo sistemático de licenças de software livre**. Dissertação de Mestrado. São Paulo: IME/USP, 2012. url: doi.org/10.11606/D.45.2011.tde-14032012-003454. Acesso em 06 mai. 2019.

STALLMAN, R. **On-line education is using a flawed Creative Commons license**, 2012. url: [stallman.org/articles/online-education.html](http://stallman.org/articles/online-education.html). Acesso em 16 jul. 2018.

STEWART, K. J.; AMMETER, A. P.; MARUPING, L. M. Impacts of license choice and organizational sponsorship on user interest and development activity in open source software projects. **Information Systems Research** 17.2, jun. 2006, pgs. 126–144. doi: doi.org/10.1287/inte.2017.090610.1287/isre.1060.0082.

THIOLLIÈRE, M. **Rapport Sénat n. 308**, 12 abr. 2006. url: [www.senat.fr/rap/l05-308/l05-3084.html](http://www.senat.fr/rap/l05-308/l05-3084.html). Acesso em 16 jul. 2018.

U.S. SUPREME COURT. **Gottschalk v. Benson**, 409 U.S. 63, 1972. url: [supreme.justia.com/cases/federal/us/409/63/](http://supreme.justia.com/cases/federal/us/409/63/). Acesso em 16 jul. 2018.

WEIGEL, M. Fitbit for your period: the rise of fertility tracking. **The Guardian**, 23 mar. 2016. url: [www.theguardian.com/technology/2016/mar/23/fitbit-for-your-period-the-rise-of-fertility-tracking](http://www.theguardian.com/technology/2016/mar/23/fitbit-for-your-period-the-rise-of-fertility-tracking). Acesso em 16 jul. 2018.

WIPO WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. Berne Convention for the Protection of Literary and Artistic Works. Disponível em: <http://www.wipo.int/treaties/en/ip/berne/>. Acesso em: 16 set. 2020.

WIPO WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. Paris Convention for the Protection of Industrial Property. Disponível em: [https://www.wipo.int/treaties/en/ip/paris/](http://www.wipo.int/treaties/en/ip/paris/). Acesso em: 16 set. 2020.

WIPO WORLD INTELLECTUAL PROPERTY ORGANIZATION. WIPO Copyright Treaty (WCT). Disponível em: <https://www.wipo.int/treaties/en/ip/wct/>. Acesso em: 16 set. 2020.

WORLD TRADE ORGANIZATION. Trade-Related Aspects of Intellectual Property Rights. Disponível em: [http://www.wto.org/english/tratop\\_e/trips\\_e/trips\\_e.htm](http://www.wto.org/english/tratop_e/trips_e/trips_e.htm). Acesso em: 16 set. 2020.

# 18. Software livre

Igor Steinmacher

Gustavo Pinto

Igor Wiese

Marco Aurelio Gerosa



Após a leitura deste capítulo, você será capaz de:

- Entender o histórico do software livre;
- Saber o que diferencia software livre e não-livre;
- Compreender os passos e atividades envolvidos no processo de contribuição para projetos de software livre;
- Entender os benefícios do software livre para a sociedade.

## 18.1 Software livre: da criação até os dias de hoje

O surgimento do software livre deu-se no início da década de 1960. Apesar do termo “software livre” não ter surgido naquela época, os primeiros computadores vendidos pela IBM já continham código fonte aberto que pudesse ser melhorado e modificado. Entretanto, o marco principal surge na década de 80 quando Richard Stallman, até então programador do MIT AI Lab, criou o projeto GNU em 1983. O projeto GNU se tornou um meio para possibilitar que as pessoas se “libertassem” do software não-livre, garantindo que os usuários finais pudessem ter as liberdades de executar, estudar, compartilhar e modificar o código fonte dos programas criados. Em 1983, Stallman começou o projeto GNU que tinha o objetivo de criar um sistema operacional completo. Dois anos depois, o mesmo Stallman divulgou o Manifesto GNU<sup>1</sup> e criou a Free Software Foundation (FSF)<sup>2</sup>, uma organização que se dedicava a promover o movimento do software livre que estava surgindo. Este movimento foi um marco importante na história do software livre, porque até então, os sistemas eram predominantemente não-livres.

Em 1991, Linus Torvalds, um estudante de ciência da computação na Finlândia, implementou a primeira versão do núcleo do Linux (*Linux Kernel*). Logo, muitas pessoas começaram a colaborar com o Linux adicionando mais funcionalidades com o objetivo de criar um sistema operacional estável e funcional. O núcleo do Linux foi lançado em conjunto com os aplicativos GNU, com todo o código fonte licenciado com a segunda versão da licença GNU GPL. Nessa mesma década, muitos novos projetos de software livre surgiram, dentre eles o servidor Apache httpd, a linguagem Perl, o GNOME, o KDE e o navegador Mozilla.

Outro grande fato marcante na popularização e divulgação do movimento de software livre foi o lançamento do livro “The Cathedral and the Bazaar: ‘Musings on Linux and Open Source by an Accidental Revolutionary’” (RAYMOND, 1997) por Eric Raymond, em 1997. Em seu livro, Reymond reflete sobre o desenvolvimento do Linux e sobre sua experiência à frente do projeto fetchmail.

---

1 <https://www.gnu.org/gnu/manifesto.pt-br.html>.

2 <https://www.fsf.org/>.

O sucesso do texto de Raymond foi muito influente e acelerou a adoção comercial do modelo livre em inúmeras empresas de software como a IBM, a HP e a RedHat. Esta influência também incentivou a criação da Open Source Initiative (OSI)<sup>3</sup>, em 1988, por Raymond e Bruce Perens. A OSI, se tornou uma entidade sem fins lucrativos que trabalharia para promover as ideias do desenvolvimento de software livre por razões técnicas e sugerindo o uso da expressão *open source* ao invés de *free software*. A principal motivação para a adoção de um novo termo foi a tentativa de introduzir o software livre no ambiente corporativo evitando a ambiguidade do termo *free*, que poderia significar tanto livre quanto gratuito, na língua inglesa.

Em 1999 foi fundada a Apache Software Foundation, uma importante entidade que criou e incentivou o desenvolvimento de projetos de software livre amplamente usado hoje na indústria, como por exemplo, o servidor HTTP, o banco de dados Derby e o arcabouço Hadoop. A partir de então grandes fundações e projetos de software livre surgiram, como por exemplo, a Openoffice.org também em 1999, o navegador Mozilla Firefox em 2003, o controle de versão Git em 2005 e o Android da Google, que atualmente é o mais popular sistema operacional para dispositivos móveis.

Hoje em dia, software livre é usado extensivamente em toda a pilha de desenvolvimento, desde bibliotecas essenciais até os aplicativos sofisticados de usuário final (web, móveis e desktop). Mesmo sistemas não-livre usam ou são executados em ambientes com software livre. O software livre é, definitivamente, uma força motriz no modelo de desenvolvimento de software atual. O 10º Levantamento Anual sobre o Futuro do Software Livre (BLACKDUCK, 2016) mostrou que 65% das empresas pesquisadas utilizam software livre para acelerar o desenvolvimento de aplicativos e 55% o utilizam como infraestrutura de produção.

Além disso, grandes empresas de software, bem conhecidas por serem restritivas quando se trata de publicar seus artefatos de código, têm recentemente não somente utilizado projetos de software livre em seus ambientes de trabalho (como forma de reúso de código), mas também têm adotado iniciativas de código aberto (seja através de hackathons ou financiando o desenvolvimento de projtos de soft-

---

<sup>3</sup> <https://opensource.org/>.

ware livre) (PINTO, 2018). É o caso de diversos produtos da Microsoft, Twitter, Facebook, Apple e Google. Um exemplo interessante é o projeto Swift, da Apple, que, na primeira semana de sua abertura, teve mais de 1900 forks realizados e recebeu contribuições de mais de 200 desenvolvedores da comunidade externa em um mês.



### Software Livre no Brasil

No Brasil, o software livre também tem sua relevância e importância para a indústria, academia e governo. Na indústria, por exemplo, em 1995, a empresa Conectiva criou uma versão do GNU/Linux pronta para uso que se tornou reconhecida internacionalmente, sendo adquirida pela Mandrakesoft.

Na academia, Fabio Kon, orientado por Arnaldo Mandel, foi o primeiro brasileiro a programar dentro do kernel do Linux em sua pesquisa de mestrado (KON, 1994). Mais recentemente, em 2005, o CCSL-IME-USP (Centro de Competência em Software Livre do Instituto de Matemática e Estatística da USP) foi aprovado como projeto apoiado pela FINEP e hoje é um importante centro de competência que estimula o desenvolvimento de inúmeros projetos de software livre no Brasil. Também na academia, em 2007, a PUC-Rio em colaboração com a UFPB criou o GINGA - um middleware do Sistema Brasileiro de TV Digital de código aberto. Já a linguagem Lua, bastante utilizada em alguns nichos em todo o mundo, foi criada por um time de desenvolvedores do Tecgraf da PUC-Rio.

O governo brasileiro também tem papel importante no incentivo do uso de software livre. Na esfera federal existem iniciativas para o apoio à realização de eventos e portais que divulgam o software livre no Brasil. O mesmo acontece com estados, especialmente Rio Grande do Sul e Paraná. Além do aspecto governamental, a Associação Software Livre (ASL), uma associação civil sem fins lucrativos, reúne empresários, profissionais liberais, estudantes e servidores públicos, estabelecendo relações com os mais diversos setores da sociedade em torno do movimento de software livre. Fundada em 2003, a ASL é a entidade organizadora do Fórum Internacional Software Livre (FISL), que se tornou a maior conferência de software livre na América Latina.

## 18.2 Software livre vs. Software não-livre (ou proprietário)

A distinção entre software livre e os software não-livre, também conhecido como software proprietário, é relacionado à licença de software empregada. Para ser considerado software livre, um projeto de software precisa ser licenciado por (pelo menos) uma licença reconhecida por uma entidade promotora, como por exemplo a Open Source Initiative (OSI), assim evita-se a proliferação de licenças que são incompatíveis.

Importante mencionar que o software livre abrange licença de software, modelo de comunidade, ideologia e movimento social (JEWEL, 2010), sendo caracterizado por quatro liberdades:

- executar o programa, para qualquer propósito;
- estudar o programa e adaptá-lo para as suas necessidades;
- redistribuir cópias do programa de modo que você possa ajudar ao seu próximo;
- modificar (aperfeiçoar) o programa e distribuir as modificações, de modo que toda a comunidade se beneficie.

Dessa forma, qualquer software que viole qualquer uma das quatro liberdades mencionadas anteriormente, não podem ser considerados como software livre. Uma detalhada revisão sobre as licenças de software livre pode ser vista no Capítulo 17.

O desenvolvimento de projetos como software livre se tornou amplamente reconhecido como uma forma eficaz de entregar software funcional. Apesar de iniciativas como a da RedHat (que financiam projetos de software livres há várias décadas) serem bem conhecidas, outras empresas, universidades e organizações públicas hoje financiam o desenvolvimento de projetos de software livre. Assim, o desenvolvimento de projetos de software livre – que por muitos anos era considerado como uma atividade voluntária, em que desenvolvedores investem seu tempo livre para construir / projetar / testar / refatorar projetos de interesse – tem recentemente ganhado uma perspectiva mais empresarial. Como resultado, contribuidores de projetos de software livre agora são uma mistura de voluntários (que dedicam do seu tempo livre para contribuir) e empregados (que são contratados por empresas para contribuir).

À primeira vista, pode-se imaginar que migrar um projeto de software proprietário para um formato de software livre pode introduzir vários benefícios. Por exemplo, um projeto de software livre pode:

1. fomentar uma base de contribuidores externos;
2. gerar novas e inovadoras ideias; e
3. acelerar o passo de mudanças.

Um outro eixo importante que sustenta a pirâmide do software livre nos dias atuais se apoia em projetos de software livre que foram um dia projetos de software proprietário. Nos últimos anos, somente a Google já tornou mais de 900 projetos de software – desenvolvidos inicialmente para atender demandas internas – em formato de software livre, traduzidos em mais de 20 milhões de linhas de código

fonte (GOOGLE, 2008). De forma similar, a Microsoft e a Apple já disponibilizaram como software livre alguns de seus produtos mais renomados. Uma rápida consulta no site de busca HackerNews – um agregador de notícias para engenheiros de software --- reporta mais de 250 ocorrências de mensagens que indiquem a abertura de projetos proprietários para um formato de software livre<sup>4</sup>.

Além do mais, existe a crença de que projetos de software livre populares tendem a atrair ainda mais contribuidores de código fonte, o que, por sua vez, pode aumentar a diversidade em um projeto de software, além de aprimorar as habilidades de resolução de problemas. Ademais, abrir um projeto de software proprietário pode ainda melhorar atributos de qualidade no projeto, como já vislumbrado pela “Lei de Linus”, que diz que “Dados olhos suficientes, todos os erros são óbvios”; tal lei já foi empiricamente avaliada em outros estudos.

Os potenciais benefícios de tornar aberto um projeto proprietário, se alcançados, não vêm sem custo. Abrir o código fonte de um projeto de software proprietário também significa criar, manter e fomentar uma comunidade de desenvolvedores ao redor da tecnologia. Ademais, quando uma empresa de software decide abrir um de seus produtos, é provável que o time de desenvolvimento enfrente uma sobrecarga de trabalho devido aos custos de (1) refatorar o código fonte para torná-la mais compreensível; (2) configurar um sítio online, além de canais de comunicação para que novos desenvolvedores possam entrar em contato; além de (3) escrever documentação para apoiar novos desenvolvedores. Como consequência, a decisão de abrir ou não um projeto de software proprietário deve ser tomada com cuidado.

### 18.3 Desenvolvimento baseado em comunidade

Muitos eram descredúlos que projetos de software livre seriam bem-sucedidos. Como projetos tocados de forma distribuída com trabalho voluntário e sem uma estrutura formal de comando e controle iriam para frente? Projetos como Linux mostraram que não só esse modelo é viável, mas que muitas vezes gera projetos mais bem-sucedidos do que outros conduzidos como software proprietário em um ambiente corporativo.

---

<sup>4</sup> <https://hn.algolia.com/?query=%22is+now+open+source%22>

Como projetos de software livre surgem? Normalmente, um projeto nasce da necessidade de um desenvolvedor ou empresa. Alguém não encontrou um bom software que resolvesse seu problema e resolveu criar um. Como diz o ditado popular, a necessidade é a mãe da invenção. Daí, por que não disponibilizar de forma livre o software para a comunidade? Abrir o código como software livre possibilita que outros desenvolvedores que tenham o mesmo problema adotem o software. Eventualmente, esses desenvolvedores vão sentir necessidade de estender o software original para suas necessidades ou de corrigir problemas que os estejam atrapalhando. Tendo o código aberto, esses desenvolvedores podem modificar o software e contribuir de volta para o projeto. Aqui podemos observar dois fenômenos comuns em software livre: “*scratch your own itch*” (coçar sua própria coceira) e “*give back*” (retribuir).

Se o projeto atrair muitos interessados, forma-se uma comunidade de desenvolvimento. Seguindo a filosofia do software livre, tende-se a adotar um modelo de desenvolvimento aberto. Forma-se um time central de mantenedores que são responsáveis por revisar e aceitar as contribuições de desenvolvedores externos. Projetos de software livre são normalmente meritocráticos, então esse time é dinâmico - desenvolvedores externos muito ativos são convidados a entrar no time, enquanto alguns membros deixam de contribuir. No modelo de desenvolvimento aberto, toda a discussão sobre os rumos do projeto, as solicitações de mudança, a lista de bugs, os comentários feitos nas revisões das contribuições, entre outros, são disponíveis publicamente. Isso possibilita que desenvolvedores externos aprendam a dinâmica da comunidade e participemativamente de qualquer um de seus processos. Além da meritocracia, essas comunidades são caracterizadas por princípios de igualdade e auto-organização.

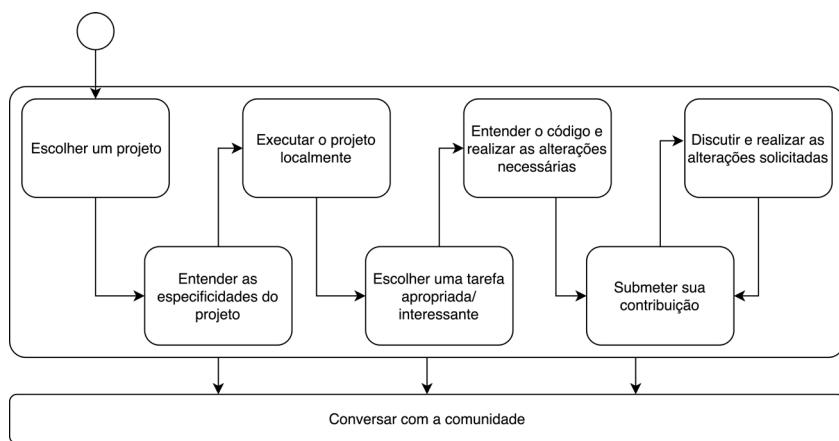
E por que as pessoas participam de forma voluntária dessas comunidades? Além de coçar a própria coceira, implementando funcionalidades ou corrigindo bugs de interesse, estudos mostram que muitos participam para aprender. A disponibilidade de código fonte de sistemas reais junto com uma comunidade que dá suporte ao desenvolvimento é uma excelente oportunidade para aprendizado. Além do aprendizado, a participação em software livre deixa registros públicos, que são um grande diferencial na busca por emprego. Portanto, melhorar o currículo também é um grande atrativo para o software livre. Empresas

valorizam essa experiência e de fato analisam o perfil do desenvolvedor em plataformas abertas, como o GitHub, onde atualmente está sediada a maior parte dos projetos de software livre ativos.

## 18.4 Contribuindo para um projeto de software livre

Existem diferentes formas de contribuir para projetos de software livre. O simples fato de enviar relatos de bugs encontrados, oferecendo detalhes e meios de reproduzir o problema, é uma maneira muito bem-vinda de contribuir. Escrever documentação, traduzir a interface gráfica, promover a comunidade e até responder questões de usuários em fóruns e listas de e-mails são maneiras relevantes de fazer parte de uma comunidade de software livre. Entretanto, quando pensamos em contribuir para um projeto de software livre tendo conhecimento técnico em desenvolvimento de software, o que vem à cabeça é contribuir com código fonte. Essa é a forma mais comum e que mais atrai contribuidores às comunidades de software livre.

Nesta seção o foco vai ser sobre esse tipo de contribuição: a contribuição com código fonte. Primeiramente, vamos explorar o fluxo mais comum quando se deseja contribuir para um projeto de software livre. Na Figura 1, buscamos generalizar as etapas de uma contribuição. Entretanto, como repetiremos algumas vezes, projetos são singulares, e cada um tem suas especificidades. A intenção de traduzir o processo de contribuição para um fluxo é facilitar o entendimento do que esperar durante a contribuição.



**Figura 18.1** Processo de Contribuição para um Projeto de Software Livre.

O primeiro passo é escolher o projeto. Uma dica interessante é buscar por um projeto que seja familiar. Pense em algo que você usa, que seja popular e que lhe dê prazer. Outro ponto é buscar por algo que seja desenvolvido em linguagens e tecnologias que você conheça e que não causem dificuldades em um primeiro momento.

Ao encontrar um projeto que interesse (ou um conjunto), o próximo passo é entender o projeto. Tenha em mente que toda comunidade de software livre é diferente. Pesquise a página do projeto para encontrar o repositório do código-fonte, o *issue tracker* (onde os usuários relatam e discutem tarefas e bugs) e os meios de comunicação disponíveis (listas de discussão, fóruns, canais de IRC). Outra possibilidade para encontrar informações sobre o projeto é consultar o OpenHub<sup>5</sup>, que é uma comunidade online e um diretório público de projetos de software livre.

Essas são informações básicas que você usará durante a sua jornada. Busque entender a forma como a comunidade interage, padrões de código utilizados, ferramentas preferidas, protocolos e habilidades necessárias. Alguns projetos oferecem diretrizes para novos contribuidores. Por exemplo, projetos hospedados em ambientes sociais de codificação (GitHub, GitLab, BitBucket etc.) costumam manter um arquivo chamado CONTRIBUTING.md para orientar os desenvolvedores. Tendo mapeado o projeto, prepare-se para iniciar a jornada para entrar no projeto.

O próximo passo é **executar o projeto** localmente. Essa atividade envolve, em geral, baixar o código do repositório, instalar ou definir dependências necessárias e compilar/executar o projeto. É importante ressaltar que, apesar de parecer uma atividade simples, ela envolve diversos detalhes e pode ser cheia de obstáculos. Alguns projetos têm necessidades ou processos específicos. De forma geral, para executar o projeto é necessário realizar baixar uma cópia para sua máquina local (mais informações sobre este modelo estão disponíveis online<sup>6</sup>). Além disso, projetos também podem definir ambientes de desenvolvimento (IDEs), plataformas ou sistemas operacionais específicos. Caso siga encontrando problemas após várias tentativas, *comunique-se com*

---

<sup>5</sup> <https://www.openhub.net/>.

<sup>6</sup> <https://help.github.com/articles/fork-a-repo/>.

*a comunidade*, identificando-se, detalhando suas tentativas e descrevendo (em detalhes) seu problema.

Para que sua jornada se torne interessante, é preciso que você consiga encontrar uma tarefa apropriada e interessante. Isso nem sempre é algo trivial e pode requerer algum tempo. A primeira etapa aqui é, basicamente, ir ao *issue tracker* e buscar por tarefas abertas. Alguns projetos seguem uma boa prática de etiquetar as tarefas fáceis ou apropriadas para novos contribuidores (ex. *good-for-beginner*, *first-timers-only*, *easy*, *newcomer*, *good-first-bug*). A leitura das diretrizes de contribuição dos projetos pode auxiliar a encontrar tais tarefas. Outra dica é buscar entender o que a tarefa está pedindo e analisar as habilidades que possam ser necessárias, para identificar se a tarefa é apropriada ao seu conjunto de habilidades e conhecimentos. Se tiver dúvidas, comunique-se com a comunidade. Em seguida, é importante tentar reproduzir o problema (caso seja um bug). Ao reproduzir, depure o código para entender o que está acontecendo. Por fim, nunca deixe de avisar a comunidade que você está trabalhando - comunicação é chave em projetos de software livre.

A partir desse momento, espera-se que você esteja preparado para começar a colocar a mão na massa. É necessário então **entender o código e realizar as alterações necessárias**. Utilize funcionalidades de busca de sua IDE ou do seu sistema operacional para apoiá-lo, bem como ferramentas de depuração. Para implementar suas alterações, lembre-se de seguir os padrões e boas práticas empregados pelo projeto. Se ainda não encontrou, volte a estudar o projeto e entender como isso deve acontecer – mais uma vez, se precisar, comunique-se com a comunidade pelos canais disponíveis.

Com a solução implementada, chegou a hora de **submeter sua solução**. Antes de mais nada, volte a analisar as diretrizes de contribuição e verifique se existem itens que são necessários à sua submissão (inclusão de testes, modificação de *release notes*, aceitar o contrato de licença etc.). Então, verifique como é o processo de envio de suas alterações, que podem ser específicos para cada projeto. Mais uma vez, se o projeto está hospedado em plataformas sociais, como o GitHub, o processo deve ser o de *pull-request*<sup>7</sup>, que consiste em enviar sua solução

---

<sup>7</sup> <https://help.github.com/articles/creating-a-pull-request/>.

a partir de seu repositório privado para o repositório compartilhado do projeto. Este pode não ser o fim. Seu código será agora revisado (por ferramentas e revisores do projeto), e suas alterações podem ou não ser aceitas. Caso existam questionamentos com relação ao seu código, ou algum problema a ser corrigido, é chegada a hora de **discutir e realizar as alterações solicitadas**. Se não entender, pergunte. Se houver dúvidas com relação à sua solução, esclareça. Pode haver vários ciclos de revisão. Não desista. É o momento em que a comunidade interage com você para refinar a contribuição. Você vai aprender bastante e o projeto receberá um código de melhor qualidade.

### Cuidado! Barreiras à frente



Como projetos de software livre são, geralmente, um esforço coletivo de uma comunidade de desenvolvedores, contribuir para um projeto de software livre é muito mais do que apenas lidar com os desafios técnicos. A contribuição envolve também aspectos não-técnicos, como habilidades sociais e aprender técnicas e ferramentas relacionadas ao processo de contribuição.

Em pesquisas recentes (STEINMACHER *et al.*, 2015; BALALI *et al.*, 2018), diversos desses desafios, ou barreiras, são identificadas e detalhadas. Como dito anteriormente, elas podem ter origem nos diversos aspectos do projeto, podendo ser classificadas como:

- **Barreiras pessoais:** relacionadas às características pessoais dos contribuidores (ou dos membros do projeto). Incluem timidez, medo de julgamento, falta de proatividade, falta de interesse.
- **Barreiras interpessoais:** dizem respeito ao relacionamento social entre indivíduos da comunidade e novos desenvolvedores, incluindo falta de habilidades de comunicação (línguas), baixa taxa de resposta aos novos desenvolvedores, mensagens ríspidas, problemas com diferentes culturas etc.
- **Barreiras técnicas:** problemas relacionados diretamente ou causados pela tecnologia (linguagem de programação, arcabouços e ferramentas utilizados pelo projeto). São exemplos de barreiras desse tipo: dificuldade de entender o código, problemas para configurar o ambiente de execução local, complexidade arquitetural etc.
- **Barreiras de processo:** são aquelas impostas pela organização, por procedimentos ou práticas internas, podendo incluir dificuldade para identificação de tarefas apropriadas para novos desenvolvedores, tempo de revisão de código prolongado, dificuldade para entender padrões de código etc.

Ao se propor a contribuir, esteja ciente de que é possível que você enfrente algumas dessas barreiras. Esteja preparado, e seja persistente. Software livre depende de contribuidores novos e é um excelente modo de aprender como funcionam os processos de engenharia de software no mundo real.

## 18.5 Benefícios para a sociedade

Importante mencionar que o software livre vai além de ser uma forma de licenciar software. A ideia de software livre está ligada à forma de compartilhar e utilizar conhecimento, formando uma comunidade em torno de um produto que pode ser consumido livremente. É comum pensarmos em software livre, de maneira simplista, como um software gratuito. Mas, como descrito no início deste capítulo, as liberdades que tornam um software livre vão além de sua gratuidade. A Figura 2 apresenta, em uma nuvem de palavras, alguns desses benefícios que serão aqui discutidos.



**Figura 18.2** Software Livre e seus potenciais benefícios para a sociedade

O maior benefício vem das origens do movimento e está relacionado ao desenvolvimento do conhecimento, que depende do compartilhamento livre de ideias. É a possibilidade de “enxergar mais longe por estar nos ombros de gigantes”. Pode-se resumir esse benefício como **democratização do conhecimento**, que pode ser visto como base para todos os outros benefícios do software livre.

Por ter o código disponível livremente, é possível aprender, ensinar, encontrar problemas, reusar soluções, otimizar uma solução, melhorar a qualidade etc. Como dito por Kon *et al.* (2012),

restrições de acesso ao código fonte do software podem se traduzir em dificuldades para governos, empresas e cidadãos, já que o software traz consigo regras e decisões tomadas em função de interesses diversos.

Do ponto de vista do desenvolvimento de software em si, o software livre possibilita a **reutilização de trechos de código**, ou componentes, em diferentes aplicações e contextos. Como colocado por Eric Raymond, “Os bons programadores sabem o que escrever; os grandes sabem o que reescrever (e reusar)”. Do ponto de vista de custo, isso é interessante, já que diferentes empresas podem se beneficiar e, caso necessário, melhorar uma solução com base no que já está disponível. A adoção de software livre fomenta ainda a **competição entre fornecedores**, que podem utilizar-se das mesmas soluções para oferecer serviços aos usuários finais. O que passa a ocorrer é a concorrência baseada nos serviços oferecidos, e nas garantias que as empresas entregam.

Outro potencial benefício do software livre para a sociedade tem relação à **adoção pelo governo**. Diferentemente do que se imagina num primeiro momento, custo é apenas um dos benefícios. Pensemos, por exemplo, em um sistema de automação de escritório (suíte de aplicativos *office*). Um governo pode optar por uma solução proprietária, de uma empresa multinacional, ou uma opção livre. Vamos explorar o que acontece caso opte pela alternativa proprietária. Provavelmente, o dinheiro das licenças estará empregando alguns desenvolvedores fora do país, que gastarão seus fundos no exterior. Além disso, o código fonte é uma caixa-preta, sendo conhecido apenas pela empresa que detém seus direitos. O governo não tem a **possibilidade de auditoria** e de **adequação para necessidades específicas** (personalização). Caso opte pela alternativa livre, o custo inicial é reduzido, mas não zerado (como alguns poderiam esperar). O governo ainda precisará arcar com custos de instalação e, provavelmente, de suporte. Entretanto, as opções de suporte podem ser locais, empregando mão-de-obra dentro do estado/município/país, gerando mercado, conhecimento, oportunidades e renda locais. Na possível necessidade de auditoria, personalização ou melhoria da solução, é possível fazê-los contando com o suporte local, negociando as necessidades específicas e tendo o conhecimento sobre o produto desenvolvido.

Ainda sobre solução para governo, a construção de aplicações em diferentes esferas pode criar uma comunidade interessada em aprimorar e compartilhar soluções. Com isso, o governo detém o conhecimento sobre a aplicação, podendo treinar mão-de-obra especializada e compartilhar a solução entre diferentes órgãos do governo. Alguns

casos de sucesso existem no Brasil, como, por exemplo, o portal de correio eletrônico e colaboração Expresso Livre<sup>8</sup>, que é a customização da ferramenta alemã E-GroupWare, realizada pela CELEPAR, empresa de desenvolvimento de software do Governo do Paraná. No momento da escrita deste livro, o portal estava sendo utilizado por mais de 30 órgãos de governo, em diferentes esferas (municipal, estadual e federal) da administração direta e indireta, nos três poderes. O governo federal do Brasil oferece um catálogo de sistemas de software em um portal<sup>9</sup> que atende às necessidades de diferentes esferas, em que diferentes órgãos podem se beneficiar, gerando economia e fomentando o ecossistema nacional.

Software livre também pode trazer benefícios para a **educação** em áreas relacionadas ao desenvolvimento de software. A disponibilidade de código fonte e artefatos de documentação de soluções que são amplamente adotadas no mercado possibilita que professores, estudantes e pessoas interessadas em aprender sobre desenvolvimento de software tenham acesso a exemplos reais. Além disso, projetos de software livre são ambientes de colaboração intensa, em que uma comunidade interage a fim de construir software. A participação nesse tipo de projeto possibilita interagir com sistemas reais, problemas reais e com uma equipe de desenvolvimento interessada em construir software de qualidade. Assim, tem-se a oportunidade de aprender habilidades, atitudes e os desafios inerentes ao desenvolvimento de software no mundo real, o que pode aumentar a confiança dos estudantes quando forem iniciar suas atividades profissionais, bem como prepará-los melhor para o mercado de trabalho. Ainda, contribuir para projetos de software livre é uma maneira de criar um portfólio, que pode ser utilizado para comprovar habilidades e conhecimentos prévios ao participar de um recrutamento.

---

8 <http://www.expressolivre.org/>.

9 <https://softwarepublico.gov.br/>.

### Ferramentas para apoiar a entrada de novatos em projetos

O site openhatch.org se dedicava a combinar possíveis colaboradores com comunidades de software livre, provendo mecanismos de busca de tarefas, indicando mentores e oferecendo ferramentas e missões para aprendizado de tecnologias específicas. A organização que manteve o site oferecia ainda treinamentos (*Open Source Comes to Campus*) em universidades. Em maio de 2017 a organização anunciou seu fechamento. Entretanto, o site continua no ar buscando por pessoas que o mantenham.



Como resultado do trabalho de doutorado de um dos autores deste capítulo, Igor Steinmacher propôs o FLOSScoach, um portal web que oferece informações de maneira organizada de forma a melhor orientar os novatos que desejam contribuir para um projeto de software livre. O portal é um gerenciador de conhecimento que tem como base teórica o modelo de barreiras proposto pelo próprio autor (STEINMACHER et al., 2016).

O portal up-for-grabs.net é uma das iniciativas que listam projetos de software livre que etiquetam tarefas indicadas para novatos em seus repositórios hospedados no GitHub. Essa iniciativa visa atrair novos contribuidores para os projetos, partindo do pressuposto de que a utilização de rótulos para novatos é uma prática com potencial para atingir tal objetivo. O portal apresenta, para cada um dos projetos cadastrados, as seguintes informações: nome, descrição do projeto, etiquetas que o associam a características como linguagem ou área de atuação, o rótulo oficial utilizado para designar uma tarefa indicada para novatos e a quantidade de tarefas para novatos pendentes em seu repositório.

O site <http://opensource.guide> apresenta uma coleção de recursos para potenciais contribuidores, comunidades e empresas que desejam aprender como executar e contribuir para um projeto de software livre. O objetivo desse site é agregar as melhores práticas da comunidade.

## 18.6 Considerações finais

Sistemas de software livre são regidos por quatro liberdades que permitem a execução, adaptação, redistribuição e modificação desses sistemas livremente. Esse modelo de desenvolvimento surgiu na década de 80 com Richard Stallman, enraizado em laboratórios de pesquisa do MIT. Atualmente, no entanto, sistemas software livre estão presentes no dia-a-dia das pessoas, mesmo que de forma transparente. É possível encontrar sistemas desenvolvidos nesse modelo não somente em computadores de mesa, mas também em celulares, aparelhos de televisão e em dispositivos embarcados. Ademais, sistemas de software livre constituem uma presença comum no canivete suíço de tecnologias que engenheiros de software dominam para realizar suas atividades. Tais sistemas são desenvolvidos colaborativamente, e tem um foco em comunidades (intrinsecamente distribuídas).

Fazer parte de tais comunidades por trazer benefícios para os participantes e para a sociedade em geral. Por isso, muitos desenvolvedores se engajam como meio de aprendizado e reconhecimento, podendo se tornar um meio de subsistência. Neste capítulo foram apresentados conceitos relacionados a software livre, sua história e modo de desenvolvimento. Buscou-se apresentar uma perspectiva sobre como o modelo se desenvolveu durante a história até chegar nos dias atuais. Além disso, discutiram-se potenciais benefícios que o modelo traz para a sociedade. Por fim, apresentou-se de maneira didática quais são os passos que interessado deve trilhar a fim de realizar contribuições de código para um projeto.

## 18.7 Leituras recomendadas

- **The Cathedral and the Bazaar** (RAYMOND, 1997). É um ensaio sobre os processos de desenvolvimento de software tendo como base experiências do desenvolvimento do Linux e do Fetchmail. O artigo gira em torno da (agora chamada) Lei de Linus, que diz que “Dado um número suficiente de olhos, todos os *bugs* são triviais”.
- **Producing Open Source Software** (FOGEL, 2018). É um livro sobre o lado humano do desenvolvimento de código aberto. Descreve como os projetos de sucesso operam, as expectativas dos usuários e desenvolvedores e a cultura do software livre. O livro é lançado sob uma licença livre. Segundo o autor, não é necessária nenhuma experiência anterior com software livre, como desenvolvedor ou como usuário. O livro está disponível online, e pode ser encontrado em diversos idiomas. A versão em português está em andamento, e pode contar com sua ajuda.
- **Open Source Licensing** (ROSEN, 2005). Este livro é tido como um guia completo para as leis que regem software livre, para desenvolvedores, gerentes e advogados. É crucial entender como as licenças de software livre funcionam - e suas bases legais. O consultor jurídico da Open Source Initiative, Lawrence Rosen, apresenta um guia explicando as leis de propriedade intelectual que suportam o licenciamento de código aberto, examina cuidadosamente as principais licenças de hoje e ajuda você a fazer as melhores escolhas para o seu projeto ou organização.

- **Let me in: Guidelines for the Successful Onboarding of New-comers to Open Source Projects** (STEINMACHER et al., 2018). É um artigo apresentando diretrizes para novos desenvolvedores e mantenedores de comunidades para melhorar a entrada de novatos em projetos de software livre.

## 18.8 Atividades sugeridas

1. Da perspectiva do cidadão, discuta como a aplicação de software livre pode beneficiar ou prejudicar a sociedade.
2. Que tal colocar a mão na massa? A melhor maneira de entender como uma comunidade online funciona é na prática.
  - a. Para começar, escolha um tópico de seu interesse na Wikipedia<sup>10</sup> (algum tópico já existente) e contribua de forma significativa, adicionando informações relevantes. (Sugere-se criar uma conta para fazer a contribuição, pois isso reduz a possibilidade de reversão e possibilita acompanhar possíveis discussões)
  - b. Siga sua alteração, tendo especial atenção a revisões e rejeições. Aproprie-se de sua submissão e tente mantê-la
  - c. Descreva sua experiência traçando um paralelo entre o processo de contribuição para um projeto de software livre e o processo que você seguiu no Wikipedia. Quais atividades são similares/diferentes? Quais foram os problemas enfrentados?
4. Tente contribuir para algum projeto de software livre que você considere interessante. Observe o processo fornecido no capítulo, estude (e use) as ferramentas de apoio a novatos apresentadas, e tente se envolver.

---

10 <http://www.wikipedia.org/>.

## Referências bibliográficas

- BALALI, Sogol; STEINMACHER, Igor; ANNAMALAI, Umayal; SARMA, Anita; GEROSA, Marco A. **Newcomers' Barriers... Is That All? An Analysis of Mentors' and Newcomers' Barriers in OSS Projects.** Computer Supported Cooperative Work, 2018.
- BLACKDUCK 2016. **The Tenth Annual Future of Open Source Survey.** Disponível em: <https://www.blackducksoftware.com/2016-future-of-open-source>. Acessado em 20/06/2018.
- EXPRESSO. Comunidade Expresso Livre. Disponível em: <http://www.expressolivre.org>. Acesso em: 17 set. 2020.
- FOGEL, Karl. **Producing Open Source Software.** O'Reilly. Disponível em <http://producingoss.com>, 2018.
- FREE SOFTWARE FOUNDATION. FSF. Disponível em: <https://www.fsf.org/>. Acesso em: 17 set. 2020.
- GITHUB DOCS. Creating a pull request. Disponível em: <https://docs.github.com/en/github/collaborating-with-issues-and-pull-requests/creating-a-pull-request>. Acesso em: 17 set. 2020.
- GITHUB DOCS. Fork a repo. Disponível em: <https://help.github.com/articles/fork-a-repo/>. Acesso em: 17 set. 2020.
- GOOGLE. Google Open Source Projects. Estados Unidos, 2008. Disponível em: <https://opensource.google/projects>. Acessado em: 19 set 2019.
- GOVERNO DIGITAL. Software Público. Disponível em: <https://www.gov.br/governodigital/pt-br/software-publico>. Acesso em: 17 set. 2020.
- JEWELL, Teresa. **Open to Everyone: How Open Source Communities Can Benefit from Diversity Without Disunity.** Open Source Business Resource, August 2010. Disponível em <https://timreview.ca/article/369>
- KON, Fabio. **Sistemas de arquivos distribuídos.** Dissertação de mestrado, Instituto de Matemática e Estatística - Universidade de São Paulo, 1994.
- KON, Fabio; LAGO, Nelson; MEIRELLES, Paulo; SABINO, Vanessa. **Software Livre e Propriedade Intelectual: Aspectos Jurídicos, Licenças e Modelos de Negócio.** Jornada de Atualização em Informática, Con-

gresso da Sociedade Brasileira de Computação, 2012. Disponível em <http://ccsl.ime.usp.br/files/slpi.pdf>. Acessado em 10/05/2018.

O SISTEMA OPERACIONAL GNU. O Manifesto GNU. Disponível em: <https://www.gnu.org/gnu/manifesto.pt-br.html>. Acesso em: 17 set. 2020.

OPEN HUB. The open source network. Disponível em: <https://www.openhub.net/>. Acesso em: 17 set. 2020.

OPEN SOURCE GUIDES. Learn how to launch and grow your project. Disponível em: <http://opensource.guide> . Acesso em: 17 set. 2020.

OPEN SOURCE INITIATIVE. Guaranteeing the ‘our’ in source.... Disponível em: <https://opensource.org/>. Acesso em: 17 set. 2020.

PINTO, Gustavo; STEINMACHER, Igor ; DIAS, Luiz Felipe F.; GEROSA, Marco A. **On the challenges of open-sourcing proprietary software projects.** EMPIRICAL SOFTWARE ENGINEERING, v. online, p. 1-27, 2018.

RAYMOND, Eric S. **The Cathedral and the Bazaar.** Disponível em <http://catb.org/esr/writings/cathedral-bazaar,1997-2009>.

ROSEN, Lawrence. **Open Source Licensing: Software Freedom and Intellectual Property Law.** New Jersey: Prentice Hall, 2005.

SEARCH HACKER NEWS. “is now open source”. Disponível em: <https://hn.algolia.com/?query=%22is%20now%20open%20source%22>. Acesso em: 23 jun. 2018.

STEINMACHER, Igor; CONTE, Tayana U.; REDMILES, David F.; GEROSA, Marco Aurélio. **Social Barriers Faced by Newcomers Placing Their First Contribution in Open Source Software Projects.** In: The 18th ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work and Social Computing (CSCW 2015). ACM, 2015. p. 1-13.

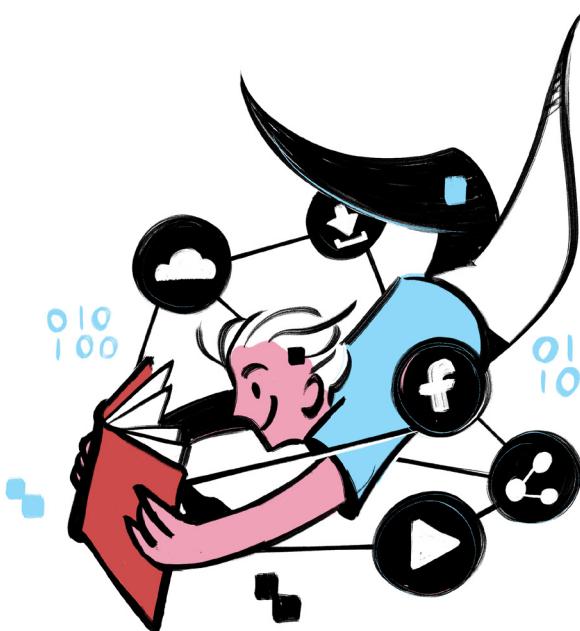
STEINMACHER, Igor; CONTE, Tayana U.; TREUDE, Christoph; GEROSA, Marco A. **Overcoming open source project entry barriers with a portal for newcomers.** In: the 38th International Conference, 2016, Austin. Proceedings of the 38th International Conference on Software Engineering - ICSE '16. p. 273-284.

STEINMACHER, Igor; TREUDE, Christoph; GEROSA, Marco A. **Let me in: Guidelines for the Successful Onboarding of Newcomers to Open Source Projects.** IEEE SOFTWARE, 2018.

# 19. Educação a distância e os recursos educacionais abertos: compreensões, possibilidades e perspectivas

Rosana Abutakka Vasconcelos dos Anjos

Kátia Morosov Alonso



Após a leitura desse capítulo, você será capaz de:

- Assimilar conceituação de Educação a Distância (EaD) e Recursos Educacionais Abertos (REA);
- Identificar um Recurso Educacional Aberto;
- Reconhecer possibilidades de conexões e usos dos REA na EaD;
- Compreender cenários para uma prática educativa/formativa aberta.

## 19.1 Introdução

Vivemos e convivemos, em grande parte, numa sociedade conectada, permeada por recursos de tecnologias digitais, que estão presentes e pulsantes em nosso cotidiano. Essa atual realidade, do manuseio e uso intenso das tecnologias, de certa forma, tem reconfigurado maneiras e modos de estabelecer nossas práticas sociais, e, por assim ser, a nossa própria cultura.

A acentuada utilização de recursos tecnológicos faz emergir e fortalecer a cultura digital (ou cibercultura), o que significa pensar no universo em rede, plugado, online e transposto por dispositivos digitais que facilitam e favorecem os processos de comunicação e interação dos sujeitos sociais, aliados às práticas mediadas por tecnologias.

Diante desse cenário de conectividade, em que as Tecnologias da Informação e da Comunicação (TIC) marcam presença na esfera global, a educação tem se organizado no sentido de acompanhar esse fluxo digital, considerando, assim, a apropriação das TIC como recursos que propiciam e viabilizam diversas configurações educativas, como é o caso da Educação a Distância (EaD).

É possível dizer que a EaD se consolida, em boa parte, pelo uso de tecnologias que favorecem o incremento de suas práticas educativas. No entanto, não é só de tecnologia que vive e sobrevive essa modalidade. Há demais conjunturas e dimensões que precisam ser levadas em conta ao se pensar e planejar um curso EaD, como é o caso dos aspectos didáticos e pedagógicos.

Pensando assim, temos nos Recursos Educacionais Abertos (REA) fortes aliados para somar valor às diferentes modalidades educativas, como os cursos a distância, uma vez que os REA se instituem como materiais educacionais abertos, planejados e produzidos para atender o contexto educativo, e, em grande medida, disponíveis em plataformas virtuais e/ou repositórios educacionais, propiciando, dessa maneira, valor pedagógico para os cursos EaD.

Essa relação intrínseca entre a EaD e os REA tem sido pauta de debate e discussões no entorno educativo, ao perspectivar que o uso dos REA amplia e favorece uma educação com práticas abertas, na qual o professor pode usar, reutilizar e remixar uma gama de materiais de outros professores e instituições. A troca, a transcendência didática,

o livre acesso de conteúdos, fortalece ao que chamamos da abertura educacional, e o ‘movimento da educação aberta’ vem ganhando, cada vez mais, presença e vivência na atualidade.



Saiba mais sobre o movimento da educação aberta em:



<http://aberta.org.br/>

É nessa esteira de pensamento que intencionamos abordar os aspectos conceituais e práticos da EaD e dos REA, suas compreensões, possibilidades e perspectivas, abarcando as interfaces com a cultura digital, com as tecnologias, os preceitos pedagógicos e, nesse limiar, os horizontes e fronteiras de uma educação com práticas abertas.

## 19.2 Educação a Distância e os REA: concepções e conexões

Compreender, conceitualmente, a EaD e os REA (Fig. 19.1) é condição importante para que possamos desencadear nossa linha de raciocínio e entendimento crítico sobre esse conjunto educativo. Entender suas problemáticas, seus limites existentes e suas potencialidades, se figura, também, como parte desse processo de compreensão e reflexão da EaD e dos REA.

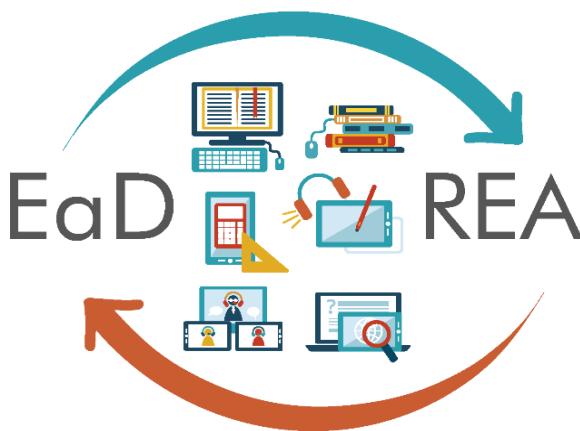


Figura 19.1 EaD e REA.

E, nesse movimento construtivo, torna-se possível perceber viabilidades práticas de uso e conexões dos REA nos cursos a distância, e as implicações reais para o movimento da educação aberta.

### 19.2.1 Alguns entendimentos sobre EaD

Antes de caracterizar a EaD é importante lembrar que os processos educativos são organizados para cumprir determinados objetivos de formação, independentemente do modo como se estruturam os processos e procedimentos para tanto. Tal premissa é realçada aqui por se compreender que, antes da distância, o elemento em discussão tem a ver com as demandas educativas e formação, implicando “caminhos” que possam vencê-las. Isto faz com que reconheçamos que a denominada EaD é, antes de tudo, educação, sendo a distância uma contingência apenas. Se assim a concebemos, é possível, então, referendar processos educativos e de formação que, longe de sobrevalorar a especificidade **distância**, inclua, efetivamente, práticas pedagógicas colaborativas, dialogadas, com interação e mediação, implicando, de fato, aprendizagens. Afirmamos, mais uma vez, que as práticas pedagógicas são definidas pelo projeto pedagógico que lhe dá base, isso como ação política (no sentido de estar e pensar nossa realidade), intencional, histórica e socialmente contextualizada.

Tal entendimento é essencial para não se apartar a denominada EaD das ações cotidianas das instituições escolares, sejam elas de qualquer nível de ensino.

A compreensão de EaD como metodologia, modalidade<sup>11</sup>, entre outras, reduz muito uma perspectiva, de fato, educativa e formativa, atendendo mais às especificidades do mencionado antes, ou seja, da distância, que ao contexto educativo e social em que se desenvolve o processo formativo. Então, a primeira definição que se põe é esta: a EaD é antes de mais nada educação<sup>12</sup>.

---

11 Vários estudiosos definem EaD como metodologia (Garcia, 2009), isso significa que, antes de pensá-la numa perspectiva educacional mais abrangente, bastaria, por exemplo, retomar processos e procedimentos de ensino para se trabalhar com ela. Sobre “modalidade” a LDB/1996 prevê que Educação de Jovens e Adultos (EJA) e Indígena, como exemplos também, seriam “modalidades”. Entendemos que a EaD não se constitui como algo específico em ensino ou como organização didático pedagógico, e mais uma vez ressaltamos o caráter “educativo” que impõe pensá-la.

12 Para nós que atuamos como docentes há uma definição importantíssima: a educação é, antes de tudo, prática social! Entendê-la assim significa trabalhar o projeto pedagógico que sustenta determinada formação de modo contextualizado, comprometido cultural, política e socialmente.

Posto isto, outro elemento importante em se tratando da EaD tem a ver com as possibilidades para seu desenvolvimento. Entendemos também que, para a ocorrência do processo educativo/formativo, é imprescindível estabelecer comunicação, interação e mediação, como já previsto por Vygotsky (2007). Assim, uma relação professor/aluno que não se realizasse “face a face”, durante todo o processo de formação, teria necessariamente de prever recursos que sustentassem e apoiassem a relação contínua entre eles. Com isso, a “história” da EaD foi e é pautada por desenvolvimentos tecnológicos que permitiram, ao longo do tempo, superar a disjunção do espaço e do tempo, de modo que os envolvidos nos processos formativos (professores e alunos) estivessem em relação e diálogo mesmo que afastados presencialmente.

Longe de pensar em tecnologias como processo evolutivo, temos de considerar que a emergência da EaD e, por consequência, sua disseminação, esteve ligada às possibilidades e limites do desenvolvimento tecnológico que permitisse, então, o diálogo como antes mencionado. Claro que isso não seria especificidade da EaD, mas da educação como um todo, na medida em que também as instituições escolares, independentemente do modo pelo qual se organizam, se apropriaram delas para cumprimento dos objetivos educacionais que pretendiam. Isso é importante, já que muitas vezes a referência à EaD traz consigo a ideia de que seria neste âmbito, apenas, que tecnologias seriam, então, utilizadas. Sabemos que não! Desde a imprensa, a escola se apropria e, muitas vezes, é apropriada por elas.

De todo modo, nas quatro últimas décadas, muito se produziu, falou e se fez na EaD, tendo como pressuposto para o seu desenvolvimento modelos de ensino gerados na economia e sociologia industriais, sustentados pelos paradigmas fordistas e pós-fordistas de produção. A importância do debate sobre este tema é essencial, pois são esses modelos que vêm influenciando desde a elaboração de propostas teóricas até a definição de políticas e práticas nesse âmbito. Além de influenciar, também, a proposição de estratégias que afetam a organização do trabalho docente e acadêmico.

## O debate sobre isso é muito interessante e provocador!

Leia o texto de Maria Luiza Belloni “Educação a distância e

Inovação Tecnológica”. Você entenderá bem a que nos referimos.

Acesse: <http://www.scielo.br/pdf/tes/v3n1/10.pdf>



A EaD surgiu no início do século passado no momento em que os meios de transporte e comunicação puderam assegurar, por sua regularidade e confiabilidade, os requisitos mínimos (distribuição e manutenção de fluxos de comunicação) para o desenvolvimento das primeiras experiências em EaD na Europa e Estados Unidos.

Para Stevens (1996), os debates sobre a EaD na década dos anos de 1980 refletiriam dois tipos de orientações teóricas predominantes no campo educacional em geral: por um lado, um estilo fordista de educação de massas e, de outro, a proposição de ofertas educacionais mais abertas e flexíveis. Isso em decorrência do processo de massificação da educação que reclamava, então, outras e novas possibilidades de acesso à educação.

Se o desenvolvimento da EaD é recente, por outro lado, há reconhecimento de sua importância e da necessidade de sua disseminação e maior capilarização em nosso país, sobretudo se considerarmos a extensão territorial do Brasil e do acesso, ainda limitado, dos jovens ao ensino superior<sup>13</sup>. Tal reconhecimento, no entanto, impõe reflexão acerca das problemáticas que surgem quando conjecturamos sobre, por exemplo, o crescimento exponencial da EaD, bem como oferta bastante estandardizada de cursos (todos parecem iguais mesmo em áreas de formação/qualificação distintas, como é o caso dos cursos que exigiriam laboratórios mais sofisticados que outros) ou, ainda, o acesso a determinadas tecnologias como a internet em banda larga e com velocidade compatível para ingresso em diferentes Ambientes Virtuais De Aprendizagem (AVA). Há uma gama de possibilidades, sem dúvida, ao mesmo tempo e, contraditoriamente, vários problemas de diferentes naturezas (tecnológicos, técnicos, profissionais, entre os principais) que limitam a disseminação antes mencionada.

13 Mencionamos aqui apenas o ensino superior, uma vez que para os outros níveis de ensino (fundamental e médio) há um debate importante em curso. Afinal, seria possível dispormos de recursos financeiros, humanos e técnicos para oferta, com qualidade, da EaD aos demais níveis de ensino? Fica o questionamento para reflexão.

Além disso, é importante verificar que, no Brasil, a EaD tem presença recente. Nesta história, destacam-se alguns fatos importantes:

- 1986: criação de uma comissão de especialistas do MEC e Conselho Federal de Educação para a viabilização de propostas em torno da Universidade Aberta, que somente em 2005 se concretizou;
- 1992: criação da Coordenadoria Nacional de Educação a Distância na estrutura do MEC que apresentou o documento “Proposta de Diretrizes de Política para a Educação a Distância”;
- 1995: criação da Secretaria de Educação a Distância (SEED) com a finalidade de desenvolver uma política específica para a EaD;
- 1996: promulgação da nova Lei de Diretrizes e Bases, que previa a criação de sistemas cuja base seja o ensino individualizado, como a EaD (Art. 80);
- 1995-2000: algumas universidades públicas começam a ensaiar suas primeiras experiências em EaD, com a oferta de cursos de Licenciatura, como a Universidade Federal de Mato Grosso (1995), a Universidade Federal do Paraná (1998), a Universidade Estadual do Ceará (1999), a Universidade Estadual de Santa Catarina (1999) etc.;
- 1998: **por meio do Decreto 2.494/98 e da Portaria MEC Nº 301/98**, foram estabelecidas normas para que as instituições públicas e privadas de ensino superior pudessese credenciar para a oferta da EaD;
- 2006: **Decreto n. 5.800 de 8 de junho de 2006** que instituiu o Sistema Universidade Aberta do Brasil (UAB) com a finalidade de expandir e interiorizar a oferta pública de cursos e programas de educação superior no País;
- 2017: Publicação do **Decreto N° 9.057 de 26 de maio de 2017**, quando houve atualização para a oferta de EaD. Com esse documento, a principal mudança foi a de facultar a oferta de cursos de EaD, sem que antes eles tivessem lastro em cursos presenciais. A partir disso, as instituições começaram a oferecer exclusivamente esses cursos, e também a criar polos para eles, apenas informando ao Ministério da Educação (MEC) sobre a expansão sem a necessidade de outros e novos credenciamentos. De acordo com o MEC, à época sob a gestão do então ministro Mendonça Filho, a regulamentação do ano de 2005 não incorporaria atualizações relacionadas às Tecnologias de Informação e

Comunicação (TIC), como simuladores de realidade aumentada e realidade virtual, nem os modelos didáticos, pedagógicos e tecnológicos consolidados nos dias de hoje.

Diante disto, há que se considerar que o início do desenvolvimento da EaD no Brasil esteve vinculado às políticas públicas, sobretudo de expansão de oferta de cursos no ensino superior, delineando um modelo de oferta pautado pelas regulamentações que a definiram como “modalidade”. Para o bem e para o mal, as especificidades venceram a concepção mais ampla de oferta educativa/formativa cuja organização pudesse destacar mais o diálogo, a relação entre sujeitos, evidenciando modos mais técnicos e instrumentais para se trabalhar com ela. Então, o uso das TIC, por exemplo, assume mais papel de estruturação de espaços de estudo que tenham semelhança com salas de aula que, propriamente, espaços em que interação e mediação possam, de fato, ocorrer. Há mais preocupação com a distribuição de materiais de ensino que com ação pedagógica que permita ressignificar, recriar e se apropriar de conhecimentos, no sentido da qualificação e capacitação profissional, como é o caso do ensino superior.

Posto isto, e trabalhando com a premissa da ‘educação’, torna-se conveniente lembrar que todo processo educativo/formativo tem, inexoravelmente, cinco elementos: o da organização, sistematização, continuidade, acompanhamento e avaliação (ALONSO, 2013):

- Organização, que tem a ver com a intencionalidade e planejamento da ação educativa;
- Sistematização, que faz constituir os “caminhos” para cumprimento dos objetivos da formação;
- Continuidade, que faz instituir o antes e depois dos objetivos de formação;
- Acompanhamento, que indique como ocorrem os processos do ensinar e aprender. Temos de conhecer as trajetórias de estudos dos alunos;
- Avaliação, que não se restringe apenas às aprendizagens, mas na convergência dos elementos antes indicados.

Haveria uma ordem na disposição destes elementos?

Os elementos aqui mencionados são interdependentes. Articulam-se, estando em intersecção todo o tempo, e é por meio deles que a formação acontece. São estes elementos que fazem cumprir os objetivos

educativos ou da formação, definindo, portanto, os “delineamentos” pedagógicos para se atingir determinados fins. Mais que sobrevalorizar os elementos técnicos, o processo educativo requer compreensão sobre o necessário a ser apreendido, sobre as bases que regem determinado conhecimento e as implicações disto para as práticas pedagógicas. Sendo assim, mais que modelos... mais que recursos técnicos e tecnológicos, a EaD não prescinde de uma concepção de currículo e ensino: este é o desafio para nós que com ela trabalhamos. Muitas vezes, confundimos inovação tecnológica com inovação curricular, por exemplo, esquecendo-nos que o processo educativo vai muito além dos meios tecnológicos a que recorremos para prover interação e mediação. Ainda que sejam necessários, não são suficientes para prover educação com qualidade.

Que venham outros recursos técnicos e tecnológicos, e que possamos, mais e mais, estar em interação que faça mediar os conhecimentos. Sem compreendermos os sentidos do processo do ensinar e aprender, do como e para quê a formação acontece e seus desdobramentos curriculares, continuaremos com a oferta de cursos pouco densos em suas abordagens, com uso de recursos tecnológicos numa perspectiva instrumental, afetando pouco a qualidade do ensino e, menos ainda, a esperança de (re)significar práticas pedagógicas convencionais e marcadas pela exclusão.

Com relação ao anterior, são conhecidos, por exemplo, os índices de evasão que atingem a EaD. Em pesquisas recentes, um indicador para o fenômeno tem a ver com o uso pouco ou nada criativo dos AVAs, de usos não efetivos de recursos de comunicação deles, ou ainda da falta de *feedback* a que estão sujeitos os estudantes dos cursos da EaD. Nesse entorno, estudos que redundam em modelos para predição de riscos utilizando-se de técnicas de mineração de dados são produzidos com o objetivo de gerar informações úteis para tomada de decisões relacionadas à evasão na EaD e predizer sobre estudantes propensos a abandonar determinado curso por meio da avaliação de suas interações em um Ambiente Virtual de Aprendizagem (AVA) (SILVA, 2019). É uma tentativa!

Além disso, a falta de apoio institucional, sobretudo se considerarmos o perfil do aluno da EaD que tem média de idade de ingresso nas universidades para além dos 28 anos, é factível pensar que seriam

eles alvos de toda uma política mais geral e institucional que apoiasse sua permanência (PESSATO, 2019). De toda maneira, há problemas postos “sobre a mesa” quando tratamos da EaD (não que no ensino presencial também não os tenhamos), e debatê-los e provocar decisões é, sem dúvida, passo crucial para (re)significarmos, então, práticas que levem e possibilitem exclusão dos que chegam ao ensino superior ou nos demais níveis da educação básica.

No cenário atual, considerando as TIC em uso, a possibilidade de interação e mediação com elas e, por meio delas, traz possibilidades enormes para rompermos com velhos paradigmas: aqueles da aprendizagem controlada, da falta de diálogo e do pouco protagonismo dos que estão em processo de formação. São muitas as possibilidades que se põem em nosso horizonte atualmente. Se, até pouco tempo atrás, trabalhar com AVA era um acontecimento, mesmo considerando a falta de acesso a determinados equipamentos e recursos como antes mencionado, atualmente algumas barreiras são vencidas. Mais e mais a população – principalmente os jovens –, têm acesso à internet e utilizam muito as redes sociais, por exemplo (CETIC, 2017). As instituições educacionais se preocupam e buscam soluções educativas que possam chegar, mais facilmente, aos estudantes. É neste contexto que os denominados REA nos fazem pensar em como podemos abrir, ampliar e adensar a formação.

Em tempos de comunicação sincrônica, que leva a mutações e hibridismos; de remixabilidade; das redes; dos ambientes simulados; do wireless e tecnologias nômades em razão dos equipamentos crescentemente móveis, não haveria como relativizar ou minimizar o que ocorre nos processos formativos. Daí a complexidade das ações sobre o ensinar e o aprender, da compreensão do vivido e das apropriações daí advindas, ou de como são atravessadas as experiências humanas mediadas tecnologicamente – mesmo quando tratamos de formação, seja ela formal ou informal, nas quais se engendram, transformam e recriam o escolar em tempos de “cultura digital”. Pensar a educação, ou a EaD, fora deste contexto, significa secundarizar aspectos e elementos que aprofundam e tornam plausível a experiência do conhecer, o que nos torna, por óbvio, mais humanos.

Agora não se trata de pensar a EaD exclusivamente, mas de pensar os movimentos de uso das TIC que adentram os espaços da formação,

implicando fendas, aberturas, que consistirão, em pouco tempo, numa educação mais aberta, e, esperamos, com qualidade e mais democrática.

### Para outras e Novas Informações sobre EaD



O texto indicado abaixo trata de teorias sobre a EaD, especialmente a de Otto Peters sobre seu caráter fordista e da Homlberg sobre estudo independente:

PROVESI, J. R. Educação a distância: uma abordagem da teoria de estudo independente. *ContraPontos*, Itajaí, ano 1, nº 1, jan./jun. 2001, p. 81-89. Acesso em: 10 jan. 2018. Disponível em:<<https://siaiap32.univali.br/seer/index.php/rc/article/viewFile/41/36>>.

O texto de Mugnol apresenta marcos importantes sobre a EaD no Brasil, congregando legislação e entendimentos sobre ela:

MUGNOL, M. A EDUCAÇÃO A DISTÂNCIA NO BRASIL: conceitos e fundamentos. *Rev. Diálogo Educ.*, Curitiba, v. 9, n. 27, maio/ago. 2009, p. 335-349. Disponível em: <<https://periodicos.pucpr.br/index.php/dialogoeducacional/article/view/3589>>. Acesso em: 15 jun. 2018.

O vídeo produzido pela Universidade Federal da Bahia é muito interessante. O professor João Carlos Salles discute a relação educação/saber/ensino, e é um convite à reflexão. Veja: <https://www.youtube.com/watch?v=y6Boc1UDeRM>.

Sala de aula interativa? Vamos discutir junto com Marco Silva: <https://www.youtube.com/watch?v=EGfw73ZJ4U>.

### 19.2.2 Alguns Entendimentos sobre REA

Os REA se originam a partir do movimento da educação aberta, que tem por premissa ampliar o acesso aos processos educativos e formativos, incluindo nisso a abertura educacional, que se baseia na liberdade de criar, distribuir, modificar, remixar e compartilhar esses conteúdos em formatos diversos.

No campo educacional, é plausível afirmar que os REA se instituem como elementos relativamente novos, que passam a ganhar fôlego e força a partir do incremento e difusão da rede de computadores interligados, ou da internet. É nesse espaço, ou ciberespaço, o local onde a maioria dos REA são depositados e disseminados, como também recombinação e compartilhados.

De acordo com Litto e Mattar (2017), o termo REA começou a ser utilizado no início dos anos 2000, a partir de uma conferência da Unesco (Organização das Nações Unidas para a Educação, a Ciência e a Cultura) realizada em Paris, e recebeu apoio de diferentes indivíduos e organizações. Ele parte da ideia de “abrir” ou dar maior acesso a oportunidades educacionais. Em sua gênese não é algo novo, uma vez que a remoção de barreiras ao conhecimento e o aumento do acesso nos remetem ao desenvolvimento da própria imprensa. (LITTO; MATTAR, 2017).

É possível afirmar que existem algumas conceituações e entendimentos sobre REA, mas, por se tratar de um tema recente, as definições ainda estão em evolução e tem passado por algumas revisões e atualizações. Uma das definições mais recentes sobre REA é oriunda do congresso mundial de REA, reunido na UNESCO, em Paris, no ano de 2012.

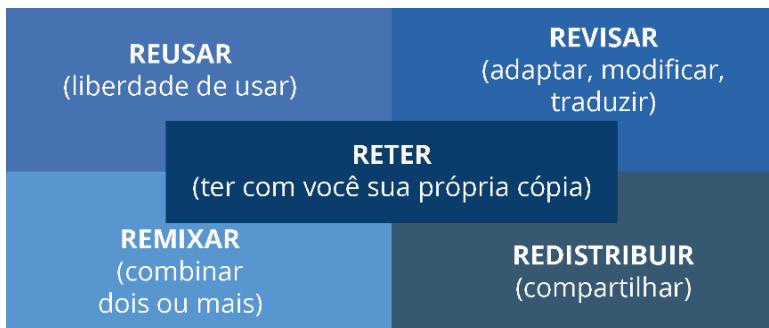
REA são materiais de ensino, aprendizagem e investigação em quaisquer suportes, digitais ou outros, que se situem no domínio público ou que tenham sido divulgados sob licença aberta que permite acesso, uso, adaptação e redistribuição gratuitos por terceiros, mediante nenhuma restrição ou poucas restrições. O licenciamento aberto é construído no âmbito da estrutura existente dos direitos de propriedade intelectual, tais como se encontram definidos por convenções internacionais pertinentes, e respeita a autoria da obra. (DECLARAÇÃO DE PARIS SOBRE RECURSOS EDUCACIONAIS ABERTOS, 2012).

Amiel (2012) nos fala que essa abertura implica em fomentar uma cultura de compartilhamento e transparência como parte de um ciclo produtivo e não de uma atividade isolada. Então, é válido dizer que os REA se instituem pela dinâmica ativa de uso e reuso, na qual é possível inserir, excluir e modificar conteúdos e, com isso, transformá-lo em um novo REA. Portanto, ele é cílico.

Uma questão importante nesse cenário é perceber que os REA não se figuram como práticas ou técnicas que podem suplantar modelos de ensino vigentes, mas eles se inserem no percurso educativo atual como recursos que visam atender modelos educativos mais complexos. Como bem ressalta Amiel (2012), é preciso pensar nas configurações cada vez mais complexas de ensino e aprendizagem, e que possam satisfazer a real diversidade de alunos e professores nos mais variados contextos e condições, por isso, a importância dos REA.

É interessante ainda o posicionamento de Wiley (2012), que externa sobre os benefícios da liberdade de modificação dos REA. Para isso, ele denomina os 5 Rs dos REA, como ilustra a Figura 19.2, segundo a qual é possível **1)** Reter – controlar cópias do conteúdo; **2)** Reutilizar – o direito de usar o conteúdo de modo amplo; **3)** Revisar – o direito de adaptar, ajustar, modificar ou de alterar o conteúdo; **4)** Remixar

– o direito de combinar o conteúdo original ou revisado com outros conteúdos abertos para criar algo novo e 5) Redistribuir – o direito de compartilhar cópias do conteúdo original, suas revisões ou seus remixes com outros. (WILEY, 2012, p. 1, *tradução nossa*).



**Figura 19.2** 5Rs dos REA.

Fonte: Adaptada de Wiley, 2012.

Dessa forma, materiais de livre acesso e que possam ser usados para uma variedade de atividades no contexto do ensino e aprendizagem, quer seja presencial ou a distância, publicados com uma licença aberta em detrimento de uma licença de direitos autorais tradicionais, a exemplo do *Copyright*, se instauram como REA.

Um vídeo que o professor elabora e usa, um plano de aula, uma apresentação, um livro texto, capítulos de livro, galeria de imagens, podem ser considerados REA, desde que tenham a licença aberta atribuída, com informação explícita de permissão para uso, sem a necessidade de pedir autorização ao autor. (LITTO; MATTAR, 2017).

Ainda que não haja uma distinção ou subdivisão entre REA físico (ex: livro impresso), ou digital (ex: *ebook*), é inegável perceber e reconhecer que os recursos disponibilizados na internet são mais acessíveis, pois abrem lastros de possibilidades para a educação, para o conhecimento e para a aprendizagem. Certamente, o REA digital, pela própria fluidez que lhe é característico, transita pelas inumeráveis info- vias do ciberespaço, com alcances significativos para o campo da EaD.

Agora vamos entender um pouco mais sobre a questão das licenças abertas, que é o ponto cêntrico que diferencia os REA de outros recursos educacionais não abertos, regulados por modelos fechados ou restritivos de acesso e uso.

### 19.2.3 Licenças abertas e os REA: aspectos basí�ares

À primeira vista, os REA não se diferenciam de materiais comumente utilizados em nossas práticas cotidianas como livros, textos, vídeos, imagens, objetos de aprendizagem, entre outros. A especificidade está na licença desses recursos que, no caso dos REA, são materiais instituídos por licenças abertas, com permissão para se realizar alteração no material, adaptação, recombinação de conteúdos para montagem de novos materiais, os quais podem, inclusive, ser distribuídos abertamente, seguindo os preceitos licenciados.

No Brasil, as questões de licenças de obras, geralmente, estão atreladas à Lei de Direito Autoral<sup>14</sup> (Lei 9.610/98), que regula o direito do autor. A distinção entre **direito moral**, que assegura a autoria da criação de uma obra ao seu autor, sendo esse direito intransferível e irrenunciável; e o **direito patrimonial**, que garante ao titular o benefício econômico da obra, como também transferir ou ceder o direito de uso para terceiros, são questões previstas e reguladas pela referida lei.

Branco e Britto (2013) enfatizam sobre a importância dessa distinção. Autor é quem cria a obra; titular é quem detém os direitos sobre ela. O autor jamais deixará de ser autor, mas poderá celebrar contrato por meio do qual outra pessoa, física ou jurídica, se torna detentora dos direitos patrimoniais da obra.

Essas questões são importantes para a reflexão, quando pensamos no cenário dos REA, no qual a cedência do direito de uso de um determinado recurso educacional não anula o autor da obra – que, necessariamente, precisa ser citado e referenciado.

De maneira sumarizada, podemos conceber distinções entre licenciamentos caracterizados entre *Copyright*, que impede copiar ou realizar quaisquer tipos de exploração de uma obra, sem que haja autorização e consentimento do autor; e a *Copyleft*, que, opostamente, garante liberdade para que usuários tenham o direito de copiar e reproduzir determinada obra, esse licenciamento é usualmente adotado no campo da computação, pelo desenvolvimento de softwares livres e sua disponibilização em comunidades abertas.

---

14 [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/l9610.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/l9610.htm)

Pensando nisso e, mais ainda, no conjunto organizativo dos REA e sua aplicabilidade na EaD, é plausível mencionar duas categorias de licenças que asseguram a possibilidade do licenciamento aberto dos recursos educacionais e, com isso, passam a compor o repertório dos REA, sendo as licenças do tipo domínio público e a *Creative Commons*.

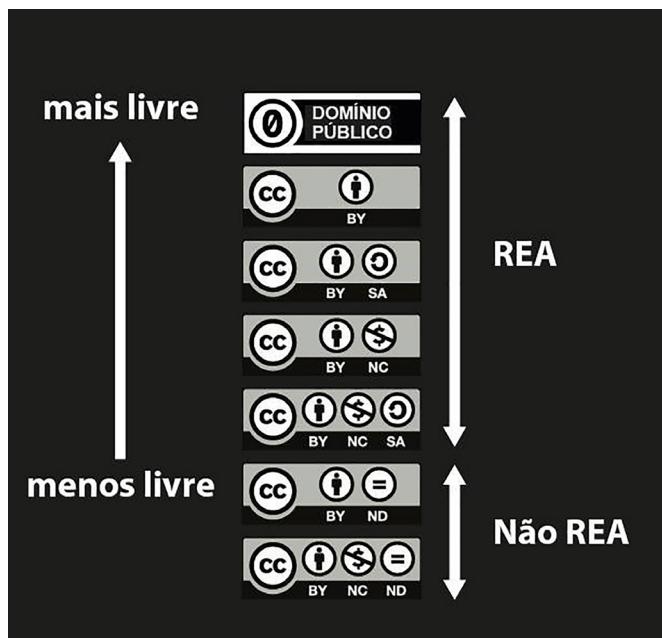
No que diz respeito ao domínio público, que é uma condição jurídica, as obras se instituem pelo livre acesso e gratuidade. Vale destacar que, no Brasil, a proteção aos direitos autorais perdura por setenta anos, contados do primeiro dia do ano seguinte ao da morte do autor, e essa proteção cai sempre no dia 1º de janeiro de cada ano, sendo essa dinâmica regulada pela Lei de Direito Autoral. Então, ao entrar em domínio público, uma obra pode ser caracterizada como REA.

Como discutimos no Capítulo 17, a *Creative Commons* é um modelo bastante conhecido de licenciamento aberto, que permite ao autor ceder alguns direitos de uso de sua obra, dentro dos termos das licenças por ele mesmo eleitas.

De acordo com Branco e Britto (2013), *Creative Commons* trata-se de uma licença pública geral, uma solução que protege os direitos do autor ao mesmo tempo em que permite, por meio de instrumento juridicamente válido, o acesso à cultura e o exercício da criatividade dos interessados em usarem a obra licenciada.

As licenças *Creative Commons* (CC) são combinações de quatro condições básicas: atribuição da autoria, compartilhamento pela mesma licença, uso não comercial e não a obras derivadas, assim licenças do tipo CC permite que o autor e usuários entendam quais são seus direitos e que tipo de usos pode se fazer do REA, sendo que essa licença deve estar claramente indicada em algum local do material disponibilizado. (EDUCAÇÃO ABERTA, 2013).

Resumidamente, as licenças CC se organizam em seis modelos distintos, que caracterizam o tipo de licenciamento atribuído a determinado material, isto é, as combinatórias de cada atribuição determinam o licenciamento de uma obra, com variações entre licenças mais ou menos livres. Ao considerar os licenciamentos via domínio público ou pela CC – e nesse entorno, os REA – como materiais licenciados, é pertinente observar a Figura 19.3, que ilustra sobre o conjunto organizativo de recursos mais livres, portanto REA, e de recursos menos livres, logo não REA.



**Figura 19.3 Combinações de licenciamentos REA/Não REA.**

Fonte: Paul Stacey e Hal Plotkin, CC BY 4.0 *apud* Litto e Mattar, 2017.

Com isso, evidenciamos que um determinado recurso, para ser considerado REA, precisa garantir a liberdade de manuseá-lo e modificá-lo, assim como ainda realizar combinações diversas a fim de produzir novos REA, sendo essa ação cíclica e conjuntiva. Por outro lado, ao observar conteúdos licenciados via CC com a atribuição não a obras derivadas, indicadas pelo símbolo  $\equiv$ , fica claro e notório que não se trata de REA, pois esse tipo de atribuição fecha e restringe possibilidades de modificações e alterações do material licenciado.

A liberdade para combinar materiais, modificar e partilhar conteúdos, é condição importante para a efetividade e a dinamicidade na oferta de cursos a distância. Aliados à EaD, os REA fazem circular conhecimentos, otimizar processos de produção de conteúdos em rede, impulsionar práticas de criação colaborativas, e todo esse propósito redonda na economia de recursos públicos para produção de materiais didáticos, os quais deixam de ser descartáveis pelo uso único e limitado e passam a ser reutilizáveis, com uso e reuso por inúmeras vezes e em diferentes contextos.

### Pausa para o Café...

Gostaríamos de convidar você para fazer uma visita no endereço:

<https://search.creativecommons.org/>.



Você já conhecia esse serviço? Trata-se de uma iniciativa da organização *Creative Commons* para facilitar a pesquisa de materiais disponíveis nas principais plataformas de conteúdos web. Mas, saiba que a *Search CC* não é um mecanismo de busca, e o usuário é quem deve conferir o tipo de licença do material consultado. E então: localizou algum REA?



#### 19.2.4 EaD e REA: Conexões Possíveis

Como mencionado, a correlação entre a EaD e os REA visa fortalecer os processos e práticas educativas inerentes aos cursos a distância. Ao perspectivar que os REA favorecem a liberdade de uso e reuso, a combinação, a colaboração e o compartilhamento de materiais, fica evidente que seus benefícios podem coadunar para a materialidade dos cursos EaD.

No entanto, há encadeamentos e comprometimentos necessários para se concretizar essa prática conjuntiva entre EaD e REA, como é o caso das diretrizes institucionais, em especial de instituições públicas do Ensino Superior, que precisam ganhar força e fôlego no sentido de viabilizar e fomentar a cultura da educação com práticas abertas de modo central, envolvendo e sensibilizando seus partícipes em prol da integração dos REA nos ambientes de aprendizagem.

Pensando nisso, cabe evidenciar algumas das diretrizes para instituições de Ensino Superior, elencadas no documento elaborado pela Unesco e o *Commonwealth of Learning*<sup>15</sup> (COL), que serve ao propósito de apoiar governos e instituições de setores educativos, e demais envolvidos no processo de disseminação dos REA, sugerindo que tais entidades desenvolvam estratégias institucionais para a integração de REA, e ainda ofereçam incentivos para apoiar o investimento no desenvolvimento, aquisição e adaptação de materiais de aprendizado

<sup>15</sup> <https://search.creativecommons.org/>.

de alta qualidade, reconheçam o papel importante dos recursos educacionais nos processos internos de controle de qualidade, como também revejam as suas práticas de REA institucionais periodicamente. Para saber mais sobre as Diretrizes para REA no Ensino Superior, acesse: <http://unesdoc.unesco.org/images/0023/002328/232852por.pdf>.

Em paralelo a esse movimento, há de se considerar a necessidade de ampliar e efetivar políticas públicas em favor da educação a distância, circundadas pela difusão e propagação dos REA. Nesse sentido, temos um traçado inicial por meio da Resolução do Conselho Nacional de Educação (CNE) e Câmara da Educação Superior (CES) nº 11/2016<sup>16</sup>, a qual estabelece diretrizes e normas nacionais para a oferta de programas e cursos de educação superior na modalidade a distância, a criação, disponibilização, uso e gestão de tecnologias e recursos educacionais abertos, por licenças livres, que facilitem o uso, a revisão, a tradução, a adaptação, a recombinação, a distribuição e o compartilhamento gratuito pelo cidadão, resguardados os direitos autorais pertinentes.

Diante desse cenário labiríntico, não podemos deixar de considerar e de pensar no professor que, necessariamente, precisa lidar como esses novos contextos educativos que pululam e atravessam a sua pedagogia e a sua didática. São novas metodologias, novas configurações educacionais, novas formas de ensinar, novos recursos tecnológicos, e, frente a esse universo múltiplo e profuso, o professor tem cambiado esforços para buscar resolutivas do conflito existente entre as velhas estruturas da educação e os novos recursos educacionais.

Ao pensar na EaD enquanto modalidade educativa que lida, diretamente, com as TIC e nos REA, e abre novos cenários para a prática educacional aberta, o professor carece de ser compreendido como sujeito integrante de todo esse fluxo. Ele precisa conhecer e interagir com esse universo que o circunda, e, nessa cinesia, se aperceber como interveniente importante do processo, pois só assim o professor reunirá esforços e conhecimentos para praticar a cultura REA na EaD.

De modo integrado ao professor temos ainda o aluno, que precisa ser motivado continuamente para se engajar vivamente no percurso do aprendizado. O aluno pode ser instigado a conhecer repositórios

---

<sup>16</sup> <http://portal.mec.gov.br/escola-de-gestores-da-educacao-basica/323-secretarias-112877938/orgaos-vinculados-82187207/34891-resolucoes-cne-ces-2016>

de REA, identificar e selecionar recursos dessa natureza, organizar conteúdos juntamente com o professor, compartilhar materiais abertos com colegas de cursos EaD, por meio de plataformas virtuais, enfim, é vital entender o aluno como parte desse conjunto organizativo.

O panorama possível para essa conexão, essa ligação entre EaD e REA, perpassa e percorre pelas diretrizes institucionais, fomento de políticas públicas por parte dos governos que garantam caminhos para a concretude de práticas educativas mais abertas e que professor e aluno possam apreender esse contexto educacional vivenciando de modo simbótico suas teorias e práticas.



### Eis os delírios do mundo conectado (2016)

Filme do gênero documentário que apresenta uma análise histórica da internet e seu impacto em nossa sociedade pós-moderna. Mostra o movimento de estarmos continuamente conectados e *online*, instigando-nos a refletir sobre as implicações desse novo hábito em nossas vidas. Para isso, faz provocações de cunho filosófico sobre os limites, demarcações e fronteiras da internet na atualidade. Sugerimos que assista a esse documentário, uma vez que aborda questões interligadas com a cultura digital e o ciberespaço. Nesse exercício, tente perceber como essa conjuntura *cyber* estabelece relações com a educação e de que maneira esse contexto influencia as práticas educativas.



## 19.3 Possibilidades na EaD: o uso dos REA e a abertura educacional

Dentro do que discutimos até aqui, consideramos a importância do uso dos REA na EaD pensando na promoção de práticas educativas mais abertas e no incremento de cursos a distância por materiais reutilizáveis e livres. No entanto, ponderar sobre a qualidade desses recursos é ponto crucial ao vislumbrar e avistar uma educação com preceitos qualitativos.

A responsabilidade no planejamento, na produção, na combinação e na partilha de um REA são ações que precisam estar atreladas ao fazer pedagógico responsável, reverberando no esmero educativo. Governos, instituições educacionais, professores, todos nós precisamos estar atentos a essa questão, que é crucial para que a cultura REA dissemine, impulsione e promova a educação e os processos formativos de qualidade.

Em vista disso, temos um elenco de repositórios institucionais, presentes na *web*, que facilitam a procura e o compartilhamento dos REA, como ainda servem ao propósito de propagar as práticas colaborativas de coprodução de materiais entre professores e até mesmo entre alunos.

Nesses repositórios, ou bibliotecas digitais, a qualidade dos recursos produzidos se faz presente e, em muitos deles, ao submeter um recurso educacional, este é avaliado por uma espécie de curadoria docente, composta por comissões instituídas ou até mesmo por usuários do próprio portal, que avaliam a qualidade do material.

Para tal, temos o portal eduCAPES, lançado em 2016 pela CAPES (Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior), que visa atender alunos e professores da educação básica, superior e pós-graduação. O portal reúne materiais didáticos dos cursos EaD do sistema UAB (Universidade Aberta do Brasil) e demais instituições, e pode ser acessado por cidadãos de todas as regiões do Brasil.

Vinculado a uma instituição, você pode registrar-se no portal eduCAPES, participar da comunidade, consultar e fazer *download* dos REA, como também realizar as submissões de REA que, posteriormente, são avaliados pelos utilizadores do portal. (Saiba Mais: <https://educapes.capes.gov.br>).

Ademais, é possível listar um índice de repositórios e portais que convergem diferentes formatos de REA, para diferentes situações educacionais, como é o caso dos cursos a distância, que tem principiado voos para a convergência dos REA em seus contextos educativos. O Quadro 1 elenca alguns desses repositórios e respectivos endereços eletrônicos.

**Tabela 19.1** Alguns repositórios educacionais

Repositórios	Origem	Endereço web	QRcode
Plataforma MEC de Recursos Educacionais Digitais	Nacional	<a href="https://plataformaintegrada.mec.gov.br/home">https://plataformaintegrada.mec.gov.br/home</a>	
Arca – Repositório Institucional da Fiocruz	Nacional	<a href="https://www.arca.fiocruz.br/">https://www.arca.fiocruz.br/</a>	
Repositório Aberto – Universidade Aberta	Internacional	<a href="https://repositorioaberto.uab.pt/">https://repositorioaberto.uab.pt/</a>	
Livro Aberto	Nacional	<a href="http://livroaberto.ibict.br/">http://livroaberto.ibict.br/</a>	
Scielo Livros	Nacional	<a href="http://books.scielo.org/">http://books.scielo.org/</a>	
Merlot	Internacional	<a href="https://www.merlot.org/merlot/index.htm">https://www.merlot.org/merlot/index.htm</a>	
Temoa – Portal de Recursos Educativos Abiertos	Internacional	<a href="http://www.temoa.info/">http://www.temoa.info/</a>	
e-Unicamp	Nacional	<a href="http://ggte.unicamp.br/e-unicamp/public/">http://ggte.unicamp.br/e-unicamp/public/</a>	

Fonte: Organizada pelas autoras.

Uma dica interessante ao visitar repositórios e pensar na qualidade dos REA é considerar organizações, instituições, universidades que sejam referenciadas no meio acadêmico e científico, pois isso lhe assegurará que os recursos disponibilizados passaram por um crivo avaliativo, logo preceitos mínimos de qualidade estarão imbuídos nos REA.

Aos que tenham interesse em compor comunidades virtuais, acompanhar projetos, organizações, eventos sobre REA, há disponível na *web* o Mapa Global REA<sup>17</sup>, que retrata o cenário mundial desse movimento. O mapa tem como característica primordial a colaboração viva e ativa de seus membros, os quais cotidianamente o alimentam com dados que circundam no cenário mundial sobre os REA (ANJOS; ALONSO, 2018).

Essas conjunções de possibilidades potencializam e promovem a abertura educacional por meio da fluidez de conteúdos livres e abertos. Há uma rota sendo traçada e composta por um conjunto de pessoas engajadas, que tem sistematizado, de modo coletivo e inteligente, políticas em favor dos REA, da educação aberta, o que remete ao pensamento de Lévy (1994), quando nos fala que a abertura do ciberespaço permite perspectivar formas de organização econômica e social centradas na Inteligência Coletiva e na valorização do ser humano.

Esse coletivo inteligente também transita no campo da EaD. O empenho e o esforço de pessoas e entidades públicas comprometidas com a modalidade reverberam na própria ressignificação dos cursos a distância, que passam a perceber a necessária incorporação de preceitos pedagógicos mais abertos em suas práticas organizativas e didáticas. Por consequência, a conjunção da EaD com os REA pode encorajar, ainda mais, a abertura e ampliação dos espaços, ou ciberespaços, do conhecimento.



### Mão na Massa...

#### atividade

Escolha um repositório educacional contido na Tabela 19.1 e, nesse repositório, tente localizar um REA licenciado via *Creative Commons*. Observe o tipo de licença e identifique qual é a combinatória de atribuições do REA selecionado por você. Para facilitar essa identificação, sugerimos revisitar a Figura 19.3 do nosso texto.

<sup>17</sup> <https://oerworldmap.org/>.

## 19.5 Demais horizontes para a EaD com o uso dos REA

Continuando nosso assunto, gostaríamos de abordar um ponto significativo no tocante à EaD e suas perspectivas atuais. Sabemos que a EaD tem sido marcada por processos evolutivos de mudanças e alternâncias em seus eixos pedagógicos, administrativos e tecnológicos. De uma educação de caráter mais analógico, ela passa a compor o cenário digital e online e, com isso, suas práticas circulam por infovias e trilhas virtuais, sendo constantemente revisitadas e revistas.

Nesse sentido, quando abordamos a simbiose de uso dos REA na EaD, estamos também percorrendo essa trilha evolutiva, visualizando novos horizontes para os cursos a distância. Além de transcender do analógico para o digital, a EaD vem assentando suas práticas na abertura educacional, com perspectivas de pensar e fazer uma educação mais aberta, que coaduna com a multiplicidade de contextos atuais do ensinar e aprender.

Não obstante, os REA são apercebidos como artefatos que propiciam essa abertura educativa e tem sua real importância para a EaD. Essa afirmação é observada pelo resultado de uma pesquisa realizada com membros do sistema UAB (professores, coordenadores, tutores, técnicos etc.), ao responderem um questionário composto por 43 questões sobre REA.

Essa pesquisa, aplicada no ano de 2016, coordenada pela Diretoria de Educação a Distância (DED) da CAPES, visou mapear o uso e a percepção dos REA na UAB. O questionário foi enviado aos 25.966 contatos cadastrados no sistema UAB-DED/CAPES, totalizando 2.660 respostas, de 103 instituições.

Do total de respondentes, a grande maioria percebe que recursos e práticas educacionais abertas podem levar a maior participação e engajamento dos alunos (76%); como ainda a adoção dos REA em nível institucional leva benefícios financeiros para os estudantes e/ou instituições (59,7%). Outro ponto interessante na pesquisa é perceber que os REA desenvolvem uma reflexão crítica na produção de conteúdos (74,4%); e que esses recursos contribuem para modelos educacionais mais abertos e acessíveis (81,6%).

No entanto, ainda que os percentuais se mostrem positivos sobre a compreensão dos REA e suas possibilidades educativas, essa mesma pesquisa revela certo desconhecimento dos colaboradores sobre políticas institucionais de REA. Consultados sobre políticas de suas Instituições de Ensino Superior (IES) para REA, 12,3% responderam de modo afirmativo, 71% não souberam afirmar e 16,1% responderam negativamente.

Consultados ainda sobre a confiança para explicar a alguém a noção de REA, entendimentos, compreensões, a metade dos respondentes indicaram muita tranquilidade nesse sentido, porém ao consultar sobre liberdade de uso e reuso dos REA, evidenciou-se a preocupação da violação de direitos autorais, isto é, o desconhecimento sobre essa pauta gera uma barreira para uso de recursos de terceiros, preocupação que foi apontada por quase metade dos respondentes (49,1%). Para saber mais sobre a pesquisa, acesse: <http://educacaoaberta.org/perspectivas-rea-uab/>.

Assim, expectativas são geradas a partir dessas informações, como é o fato de que as IES precisam se mobilizar cada vez mais no sentido de fomentar e instituir políticas para o uso dos REA, em especial nos cursos a distância. É oportuno implementar novos mecanismos institucionais, envolvendo sua comunidade nessa construção, ofertar cursos de capacitação sobre REA, apresentar seus benefícios no que concerne à economia de recursos públicos com materiais didáticos, enfim, sensibilizar e despertar a comunidade universitária/acadêmica para repensar os processos educativos, com vistas à abertura educacional.

Ademais, esses resultados clarificam a relevância dos REA como impulsionadores de uma educação mais qualitativa, aberta e irrestrita, isso dito por profissionais da educação, os quais vivenciam cotidianamente a EaD, que acompanham seus processos e percalços e transitam em suas dimensões conjuntivas, que vão do pedagógico ao tecnológico.

Sendo assim, a rota está traçada, nessa esteira da abertura, do livre acesso, das redes transitórias do ciberespaço, temos a EaD, que talvez esteja inaugurando uma nova forma de coexistir nesses espaços abertos e fluidos. E, quem sabe, poderá convergir suas teorias e práticas nessa nova cosmologia digital, propiciando, cada vez mais, a abertura da Educação.

## 19.6 Para continuar o assunto...

No cenário que se desenha, é possível avistar mudanças nas práticas educacionais, nas metodologias, na didática, e, por conseguinte, nos processos da aprendizagem. A unificação do real com o virtual e a transição de espaços analógicos ao digital, comunicações e interações moventes, fazem emergir uma educação mais conectada com o ciberespaço e mais próxima à cibercultura.

Nesse sentido, Lévy (1999) assevera que a cibercultura expressa uma mutação fundamental na essência da nossa própria cultura, abrindo novas possibilidades de criação coletiva distribuída, aprendizagem cooperativa e colaboração em rede oferecida pelo ciberespaço – o que coloca em questão o funcionamento habitual das instituições escolares.

Para mais, a convergência de modalidades educativas se institui como prelúdio para essas mudanças. Logo, não faremos mais distinção entre educação a distância ou presencial, falaremos de educação, pois a cultura da convergência estará internalizada em nós. Sobre isso, Jenkins (2009) nos fala que vivemos numa cultura da convergência, sendo essa convergência representada por uma transformação cultural que já ocorre dentro do cérebro das pessoas em suas interações sociais com os outros.

No contexto de possibilidades, a educação se mistura, hibridiza, mescla recursos educacionais físicos e digitais, combina espaços do conhecimento para diferentes tipos de aprendentes. O ensino híbrido se fortalece. Nesse modelo de ensino, a abordagem pedagógica combina atividades presenciais e atividades realizadas por meio de tecnologias digitais com foco na aprendizagem e no aluno. (VALENTE, 2015).

O hibridismo, o *blended*, promove o pensar e fazer educacional misturado, movente, transitório e mais aberto, contudo, sem perder sua profundidade e consistência. Com isso, avançamos no entendimento de que o conhecimento não está preso somente em livros ou prédios, ele transcende e transita entre recursos e pessoas, constituindo uma rede distribuída e interligada, por nós e nexos, interações e mediações.

A caixa da educação está se abrindo, como bem demonstra a nossa ilustração (Fig. 19.4), e o uso intenso das tecnologias digitais colabora para essa abertura, firmando um itinerário de mobilidade, de convergência e mescla educacional, direcionando-nos para a compreensão da

‘Educação com Tecnologias’, não mais particionada entre presencial ou a distância, mas com ‘Tecnologias’.



**Figura 19.4** Convergência, hibridismo, EaD, REA e aprendizagem aberta: conceitos interligados.

Propomos até aqui algumas reflexões e ponderações no vasto campo da EaD e dos REA, como também ousamos em apontar algumas direções possíveis para a educação, ora matizada com as tecnologias digitais. No entanto, pela abrangência e profundidade desses temas, reconhecemos que são reflexões iniciais. São ensaios que pulsam e nos impulsionam a prosseguir nessa trilha reflexiva.

Agora, convidamos você a prosseguir conosco nessa rede interligada e distribuída, refletindo mutuamente sobre os caminhos da Educação com Tecnologias, e, sobretudo, possibilidades e viabilidades práticas de um fazer educativo convergente, híbrido e aberto. Tropa o desafio?

## 19.7 Considerações finais

Neste capítulo apresentamos algumas conceituações sobre EaD e REA, como também entendimentos dissonantes que envolvem os cursos a distância no entorno educativo. Destacamos a importância de estabelecer conexões entre segmentos variados, instituições, governo, professores, alunos, entre outros, para se fomentar a prática de uso dos REA na EaD. Abordamos questões de licenciamento aberto, com ênfase nas licenças *Creative Commons*, chamando a atenção sobre a

significância da abertura de licenciamento para a propagação da cultura REA, e, por conseguinte, da educação aberta. Elencamos alguns repositórios educacionais de materiais abertos para conhecimento e exploração de conteúdo, como também apontamos o necessário envolvimento das instituições educacionais, desenvolvimento e ampliação de políticas públicas para impulsionar e potencializar a produção e compartilhamento dos REA na educação, em especial na EaD, com vistas à abertura educacional.

## 19.8 Leituras recomendadas

- **Educação a Distância – experiências, vivências e realidades** (MACIEL; ALONSO; PEIXOTO (Org.), 2016). Aborda diferentes manifestações da chamada educação a distância, tratando de políticas, experiências e práticas híbridas e a distância. Coloca em discussão as diferentes formas de apreender e de compreender os processos formativos mediados por tecnologias digitais da informação e da comunicação.
- **Educação Aberta Online – pesquisar, remixar e compartilhar** (LITTO; MATTAR (Org.), 2017). O livro é baseado em cursos online da OpenLearn da Open University britânica. Oferece orientações para criar, compartilhar e licenciar recursos educacionais abertos para design de cursos online abertos e tutoria online sobre como aprender a aprender, pesquisa em educação e ética em pesquisa, acessibilidade e tecnologias assistivas.
- **Recursos Educacionais Abertos – práticas colaborativas e políticas públicas** (SANTANA; ROSSINI; PRETTO (Org.), 2012). Propõe reflexões teóricas sobre a educação aberta no contexto dos recursos educacionais abertos, das políticas públicas e suas oportunidades para a abertura educacional e o professor-autor nessa rede de práticas abertas. Apresenta experiências e entrevistas de profissionais da educação sobre vivências práticas sobre REA, plataformas digitais, práticas de aprendizagem e produção de materiais didáticos.
- **O que é Creative Commons? Novos modelos e direito autoral em um mundo mais criativo** (BRANCO; BRITTO, 2013). Elucida questões sobre licenciamento de obras, a importância de licenciar e os caminhos para o licenciamento. Explica sobre o funcionamento do projeto Creative Commons, que obteve crescente utilização no âmbito governamental, na medida em que se mostrou

como opção importante para incentivar o acesso à cultura, à educação e à ampla disseminação de informações públicas.

## 19.9 Atividades sugeridas

1. Considerando o trabalho que realiza (independentemente se presencial ou não), elabore considerações sobre a ocorrência dos cinco elementos para realização do processo formativo a que o texto fez referência. Foi possível identificá-los? Se sim, como e por quê? Se não, que proposta faria para que fossem integrados em sua prática de trabalho?
2. Com base no que estudamos nesse capítulo, juntamente com o seu entendimento da temática, pontue considerações sobre a EaD e os REA, com ênfase nos seus limites e potencialidades para sua formação de modo geral.
3. Você saberia nos dizer qual a importância do licenciamento aberto para os materiais didáticos produzidos para a EaD?
4. Tendo em vista a relação EaD e REA, quais ações você considera relevantes para inclusão deles – REA – nos processos educativos/formativos não presenciais e/ou abertos?

## Referências bibliográficas

ALONSO, K. M. Educação a Distância e Didática: Anotações sobre especificidades. In: José Carlos Libâneo; Marilza Vanessa Rosa Suanno; Sandra Valéria Limonta. (Org.). **Qualidade da Escola Pública:** Políticas educacionais, didática e formação de professores. 1ed. Goiânia: Ceped Publicações; Gráfica e Editora América: Kelps, v. 1, p. 207-222, 2013.

AMIEL, Tel. Educação aberta: configurando ambientes, práticas e recursos educacionais. In: SANTANA, B.; ROSSINI, C.; PRETTO, N. L. (Org.). **Recursos Educacionais Abertos** – práticas colaborativas e políticas públicas. Org. Salvador: Edufba; São Paulo: Casa da Cultura Digital, 2012.

ANJOS, Rosana Abutakka V.; ALONSO, Kátia Morosov. Cenário dos Recursos Educacionais Abertos (REA) a partir de Informações do Mapa Global REA. **CIET:EnPED**, [S.l.], maio 2018. ISSN 2316-8722. Disponível em: <<http://cietenped.ufscar.br/submissao/index.php/2018/article/view/113>>. Acesso em: 06 jul. 2018.

BELLONI, M. L. Educação a distância e inovação tecnológica. **Revista trabalho, educação e saúde**, v. 3 n. 1, p. 187-198, 2005. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/tes/v3n1/10.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

BRANCO, Sérgio; BRITTO, Walter. (2013). **O que é Creative Commons?** Novos modelos e direito autoral em um mundo mais criativo. Disponível em <<http://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/bitstream/handle/10438/11461/0%20que%20%C3%A9%20Creative%20Commons.pdf>>. Acesso em: 13 jun. 2018.

CETIC.BR. Pesquisa sobre o uso das tecnologias de informação e comunicação nas escolas brasileiras: TIC educação 2017 [livro eletrônico] / Núcleo de Informação e Coordenação do Ponto BR, [editor]. São Paulo: Comitê Gestor da Internet no Brasil, 2018. Disponível em: <[https://www.cetic.br/media/docs/publicacoes/2/tic\\_edu\\_2017\\_livro\\_eletronico.pdf](https://www.cetic.br/media/docs/publicacoes/2/tic_edu_2017_livro_eletronico.pdf)>. Acesso em 10 abr. 2019.

BRASIL. LEI Nº 9.610, DE 19 DE FEVEREIRO DE 1998 . Altera, atualiza e consolida a legislação sobre direitos autorais e dá outras providências., Brasília, DF, fev 1998. Disponivel em: <[http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/Leis/l9610.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/l9610.htm)>. Acesso em: 17 set. 2020.

SHIMAZAKI, Neide Mitiyo; TORRES, Patrícia Lupion; KOWALSKI, Raquel Pasternak Glitz. A produção de recursos educacionais abertos (REA) em libras no ensino superior. **Revista e-Curriculum**, v. 16, n. 2, p. 364-392, 2018.

CREATIVE COMMONS BR. CC . Disponível em: <https://br.creativecommons.org/>. Acesso em: 17 set. 2020.

CREATIVE COMMONS. Creative Commons Search. Disponível em: <https://search.creativecommons.org/>. Acesso em: 17 set. 2020.

EDUCAÇÃO ABERTA. **Recursos Educacionais Abertos (REA)**: Um caderno para professores. Campinas, 2013. Disponível em: <<http://educacaoaberta.org/cadernorea>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

JENKINS, Henry. **Cultura da Convergência**. 2. ed. São Paulo: Aleph, 2009.

LÉVY, Pierre. **A Inteligência Coletiva**: por uma antropologia do cibespaço. Lisboa, Portugal. Instituto Piaget, 1994.

LÉVY, Pierre. **Cibercultura**. São Paulo: Ed. 34, 1999.

LITTO, Fredric Michael; MATTAR, João. **Educação Aberta e Online: pesquisar, remixar e compartilhar**. São Paulo: Artesanato Educacional, 2017.

MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO. Resoluções CES 2016. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/escola-de-gestores-da-educacao-basica/323-secretarias-112877938/orgaos-vinculados-82187207/34891-resolucoes-cne-ces-2016>. Acesso em: 17 set. 2020.

PESSATO, Rusilei Luzia da Costa. **Educação a Distância: a permanência no contexto da UAB/UFMT**. 2019. 252 f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Programa de Pós-Graduação em Educação do Instituto de Educação da Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, 2019.

SEVERINO, Antônio Joaquim. EDUCAÇÃO, TRABALHO E CIDADANIA a educação brasileira e o desafio da formação humana no atual cenário histórico. SÃO PAULO EM PERSPECTIVA, n. 14(2),2000, p. 65-71. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/spp/v14n2/9790.pdf>>. Acesso em: 10 abr. 2019.

SILVA, Dirlene Ramalho da. **Modelo para predição de risco de evasão na Educação a Distância utilizando técnicas de Mineração de Dados**. 2019. 151 f. Orientador: Simone de Lima Martins. Co-orientador: Cristiano Maciel. Dissertação (Mestrado em Computação) – Programa de Pós-Graduação em Computação da Universidade Federal Fluminense, Niterói, 2019.

STACEY, Paul; PLOTKIN, Hal. *Finding and using open educational resources (OER): implementing the Creative Commons CC BY license. National TAACCCT Rounds 2 & 3 Convening, Washington D.C.*, 4 nov. 2014. Arquivo de slides. Disponível em: <[https://www.slideshare.net/Paul\\_Stacey/implementing-cc-washington](https://www.slideshare.net/Paul_Stacey/implementing-cc-washington)>. Acesso em: 13 jun. 2018.

STEVENS, Kay. *Have the shifting sands of fordism resulted in ground lost org round gained for distance education?* In: **Distance Education**, vol. 17, nº 2, 1996.

THE OER WORLD MAP. OER World Map. Disponível em: <https://oer-worldmap.org/>. Acesso em: 17 set. 2020.

UNESCO. **Declaração de Paris sobre Recursos Educacionais Abertos**, 2012. Disponível em: <<http://www.unesco.org/new/fileadmin/MULTI>

MEDIA/HQ/CI/WPFD2009/Portuguese\_Declaration.html>. Acesso em: 15 jun. 2018.

VALENTE, João Armando. O Ensino Híbrido veio para ficar. In **Ensino Híbrido**: Personalização e Tecnologia na Educação. BACICH, L.; TANZI NETO, A.; TREVISANI, F. M. (Org.). Porto Alegre: Penso, 2015.

VYGOTSKY, Lev Semyonovich. **A Formação Social da Mente** – o desenvolvimento dos processos psicológicos superiores. Org. COLE, M. et al. 7<sup>a</sup> ed. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

WILEY, David. **Iterating Toward Openness**. Ano 2012. Disponível em: <<http://opencontent.org/definition>>. Acesso em: 17 jun. 2018.

# 20. Jogos, entretenimento e expressões digitais

Esteban Clua  
Rosiane de Freitas Rodrigues



Após a leitura desse capítulo, você deverá ser capaz de:

- obter uma visão geral sobre o processo de produção de Jogos Digitais, bem como outras formas de Entretenimento e Expressão Digital;
- entender como funciona e projetar, de forma geral, uma *game engine*;
- vislumbrar possibilidades futuras para os jogos digitais e indústria de entretenimento;
- conhecer o mundo da computação e colaboração coletiva e realizar experimentos com dispositivos móveis, tangíveis e usáveis para o entretenimento, podendo reforçar processos de aprendizagem;
- criar formas interessantes de se expressar usando tecnologias digitais para gerar automaticamente material cultural rico e diversificado, como criar obras de arte, compor e editar músicas, produzir filmes, gerar textos de gêneros diversos etc;
- disseminar conceitos, tecnologias e estimular o desenvolvimento do pensamento computacional, através de formas interessantes de se expressar textualmente, como escrever contos, poesias etc.

## 20.1. Introdução

Considerando tudo o que nos rodeia e o grande avanço da ciência e tecnologias computacionais, qual é a coisa mais incrível que você já viu ou experimentou? Particularmente sobre jogos e entretenimento digital, o que você afirmaria? E sobre formas diversas de se expressar através das tecnologias digitais? Gerar músicas, produzir filmes, jogos, mesclar realidade com virtualidades, enfim, tudo hoje pode ser feito com forte influência ou totalmente através do uso de tecnologias digitais. Venha conosco experimentar um pouquinho deste vasto universo de possibilidades!

Quanto aos jogos digitais, sempre foram um sucesso e estão cada vez mais interessantes, complexos e imersivos! Desde os jogos antigos clássicos como Pac Man, Tetris, Super Mario Bros, Dong Kong, passando por Lara Croft, Mortal Kombat, e indo até os mais recentes que vão muito além dos videogames tradicionais, como o EVE:Valkyrie, Adrift e o Pokemon GO, um jogo de realidade aumentada para *smartphones* que virou febre mundial. Também ganham força, os jogos de propósito sério, ou simplesmente, jogos sérios (*serious game*) que vão além do entretenimento, cujo objetivo principal é o de propiciar aprendizagem, seja de conteúdos educacionais curriculares ou de domínio de uma habilidade profissional, como o *Job Simulator*, simuladores de voo, dentre outros. Do mesmo modo, roteiros baseados em jogos e realidades virtuais e simuladas, tem gerado filmes clássicos, como em *Matrix* (das irmãs Lilly e Lana Wachowski), inspirado no livro clássico do gênero *cyberpunk Neuromancer* (de William Gibson), e também no filme “Jogador Número 1” (de Steven Spielberg), baseado no livro homônimo (de Ernest Cline), onde a humanidade foge da vida normal através do OASIS (*Ontologically Anthropocentric Sensory Immersive Simulation*), um videogame de realidade virtual onde todos caçam o *easter egg* que dará direito ao prêmio máximo. E passando pela produção audiovisual alternativa ao cinema tradicional e à animação, conhecidos por alguns como *machinima*, que usam mecanismos de computação gráfica em tempo real, geralmente videogames, para criar uma animação como produção cinematográfica.

Mas, o entretenimento digital vai muito além dos jogos digitais e temos presenciado a tecnologia tomando conta de shows musicais e

espetáculos culturais em geral, onde os dispositivos móveis e os tangíveis e vestíveis de propósito específico estão se proliferando de modo a garantir uma experiência mais rica, interativa e imersível, desde a pulseirinha de LED do show da banda Coldplay, passando pelas lanternas digitais do grupo coreano BTS, até o espetáculo de realidade aumentada da cantora Björk E além do entretenimento puro, há cada vez mais formas de se expressar digitalmente, de modo que o divertimento seja ponte para processos mais elaborados de aprendizagem.

Deste modo, no restante deste capítulo iremos explorar o mundo do desenvolvimento de jogos digitais, novos conceitos, tecnologias e perspectivas futuras. Em seguida, mostraremos as possibilidades digitais na indústria de entretenimento em geral, enfatizando a computação coletiva e colaborativa em espetáculos, shows musicais e eventos esportivos. E, por fim, iremos abordar diferentes formas de se expressar digitalmente, apresentando ótimas iniciativas envolvendo composição de obras musicais, audiovisuais e textuais em geral.

### Você Sabia?



A indústria de entretenimento, que envolve o desenvolvimento e negócios relacionados às artes, esportes e cultura em geral, é uma das maiores e mais rentáveis do mundo?

Neste universo, a indústria de jogos digitais se tornou a mais popular e lucrativa! Porém... você sabia?

A indústria de jogos digitais e outras formas de entretenimento digital é muito mais do que somente entretenimento, sendo utilizadas em processos de aprendizagem, capacitação profissional, saúde e medicina, dentre muitas outras?

## 20.2 Jogos Digitais

Os jogos digitais causaram uma revolução em nossa sociedade nas últimas décadas. Muito mais do que entretenimento, os jogos se tornaram uma nova mídia, capaz de transmitir conteúdos de forma interativa e lúdica. Inúmeros são os exemplos de jogos usados para educação, treinamento, simulações e até saúde.

Os jogos são sistemas formais de regras, onde o progresso depende do usuário. Podemos dizer que o cérebro humano é movido por entender e resolver padrões. Para aprendermos algo novo, é necessário que nos sejam apresentados conceitos que já conhecemos e que nos levam a um novo conhecimento. É impossível, por exemplo, explicar como funciona

uma operação básica de matemática se antes disso não se conhecem os números. Assim são os jogos: as regras consistem em elementos, ações e problemas que conhecemos e que ao resolvê-los irão nos conduzir a algum objetivo ou meta. É por isso que dizemos que todos os jogos envolvem aprendizagem. Além disso, é uma aprendizagem construtivista, pois é necessário o envolvimento do jogador para poder progredir. Esta característica torna a linguagem “jogo” como sendo uma ótima ferramenta para o processo de aprendizagem e treinamento.

Porém, não é suficiente que haja apenas elementos interativos para que o sistema possa ser chamado de jogo. A característica fundamental para que isto de fato ocorra é o aspecto lúdico. E é aqui que começa o problema. O que faz um jogo ser divertido? É uma questão complexa, pois o cérebro humano é diferente de pessoa para pessoa, pode variar de acordo com a idade, gênero, experiências passadas etc.

Do ponto de vista tecnológico, um jogo é um software muito diferenciado, pois contém elementos variados e que normalmente não ocorre em outros tipos de aplicações: computação gráfica, inteligência artificial, redes, multimídia etc. Todos estes módulos devem funcionar em perfeita harmonia, obedecendo a uma característica fundamental de um jogo: deve ser um software de tempo real. Para que isto seja possível é necessário explorar ao máximo o hardware dedicado.

Além disso, enquanto a maioria dos sistemas de software precisam apenas seguir uma série de requisitos e cumprir bem os propósitos para os quais foram elaborados, uma característica imprescindível para um jogo é que ele deve ser divertido e agradável de se utilizar, uma vez que a sua principal razão de ser é proporcionar entretenimento para as pessoas. Em muitos casos, o jogo precisa ser multiplataforma, sendo que atualmente há uma infinidade enorme de plataformas de hardware para jogar: PCs (computadores pessoais), tablets, smartphones, consolas de games, ambientes de Realidade Virtual e até mesmo smart TVs.

Todas estas características, somadas ao fato de que um jogo necessita sempre lançar mão do “estado da arte” em termos computacionais, torna o desenvolvimento de jogos uma área fascinante, cheia de desafios e magias.

## 20.3 Elaboração de um Jogo

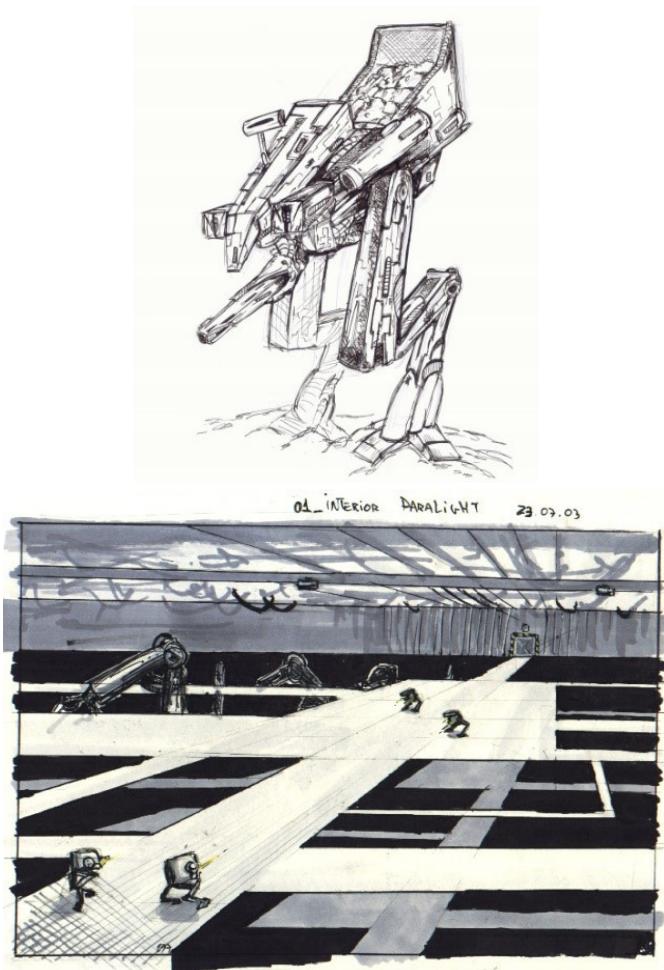
É difícil formalizar o processo de se fazer um jogo. Há inúmeros roteiros e guias na literatura e, mesmo assim, grande parte dos desenvolvedores tem seu próprio processo. Em todo caso, é difícil fugir das seguintes etapas: conceituar o jogo; escolher as ferramentas e componentes necessários; desenvolver a arte; programar; e, integrar, testar e publicar.

### 20.3.1 Conceituar e Planejar

Assim como não faz sentido criar um filme sem antes ter um roteiro bem elaborado, também é impossível desenvolver um jogo sem antes ter um documento com todas as suas especificações. Tal documento é denominado de *Game Design Document (GDD)*, que pode ser encarado como uma espécie de manual de instruções para os futuros desenvolvedores do jogo. De fato, tão importante é este documento, que muitas empresas não começam o desenvolvimento sem antes revisá-lo cuidadosamente. Não há regras de como deve ser o GDD e na literatura encontram-se inúmeros exemplos e modelos.

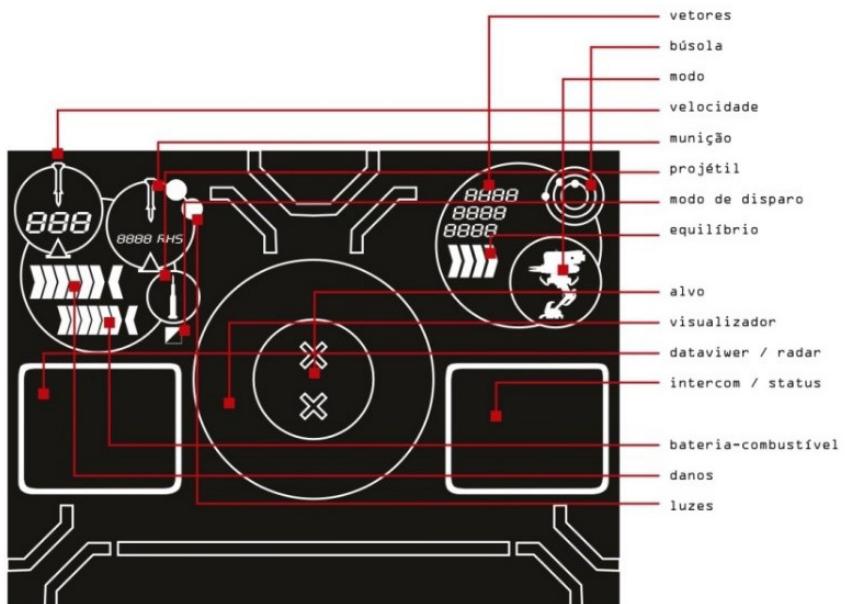
GDD – Game Design Document	
Título e visão geral	A visão geral – também chamada de high concept -consiste numa descrição resumida do jogo. Esta descrição deve conter o estilo do jogo, contexto, como são os personagens e breve resumo do enredo, caso haja. Quando selecionamos um jogo numa plataforma de distribuição geralmente pode-se encontrar esta visão geral como sendo o texto que descreve como é o jogo.
Mecânica e game play do jogo	É o componente mais importante do jogo. Sem uma mecânica o software não é um jogo. Nesta parte do documento deve descrever-se como será a jogabilidade. Por jogabilidade entendem-se as regras do jogo e o balanceamento das regras (game balancing). Nesta descrição deve ficar claro que o jogo é divertido e irá proporcionar desafios interessantes. Esta parte do documento é muito importante para guiar os programadores para grande parte da programação.
Level Design	Descreve-se aqui como é o cenário ou tabuleiro do jogo. Esta parte do documento muitas vezes contém esboços dos mapas, da disposição das peças e componentes etc. Muitas vezes é difícil separar esta seção da descrição do game play, pois os mapas e cenas estão geralmente intrinsecamente conectados com as regras (tente explicar as regras do xadrez para alguém, sem mencionar nada sobre o tabuleiro).
Roteiro	Nem sempre os jogos precisam ter histórias ou narrativas. O mais importante de um jogo são as regras e o game play. Entretanto, uma história pode dar mais sentido para as regras e pode criar mais facilidade para que o jogador se sinta engajado e imerso no universo virtual. Nesta parte do documento deve-se criar um pequeno storyboard, que muitas vezes seguirá um fluxo narrativo não linear.

Interface	Deve-se especificar como o jogador irá interagir com o jogo. Também deve-se projetar como os elementos de interface (mapas, pontuações, informações de forma geral) devem ser mostrados ao usuário (Fig. 20.2).
Arte Conceitual	A arte conceitual deve orientar os artistas a como desenhar ou modelar os elementos do jogo (Fig. 20.1). Em alguns casos, pode-se listar exemplos e estilos, provindos de outros jogos. Quando o jogo é feito por uma equipe grande de artistas, é importante que um artista sênior oriente e crie diretrizes para que todos os artistas produzam elementos harmônicos e não com estilos pessoais e diferentes (Crawford, 2004).



**Figura 20.1** Exemplo da conceituação artística de um personagem e de um cenário.

Fonte: Extraída do jogo *METALmorphosis*, do autor.



`mmFFB-03 walkerMODE interface`

**Figura 20.2** Exemplo do design de uma interface *ingame*.

Fonte: Extraída do jogo *METALmorphosis*, do autor.

### 20.3.2 Desenvolver a arte, programar e integrar

Terminada a etapa de conceituação, o desenvolvimento de um game divide-se em dois caminhos distintos: o de criação artística e o de programação, havendo, entretanto, uma grande interseção entre ambas. A criação artística pode ser compreendida na elaboração da arte do jogo, ou seja, os elementos que serão usados para sua montagem: sprites, modelos 3D (três dimensões), texturas, terrenos etc.

A equipe de modelagem 3D será responsável por criar os objetos geométricos das fases. A geometria de um jogo pode ser dividida em dois tipos: modelagem estrutural e modelagem de elementos dinâmicos. Esta diferenciação existe pelo fato de que os modelos estruturais, por não sofrerem alteração de posição, sofrerão um pré-processamento, de maneira a otimizar o processo de renderização. A modelagem estrutural consistirá basicamente na criação do cenário em si, o terreno e alguns outros elementos estáticos.

## Principais SISTEMAS de SOFTWARE: Autodesk 3DS MAX, MAYA e BLENDER



Recursos Gerais Oferecidos:

- ferramentas de modelagem baseadas em polígonos: toda a modelagem deverá ser feita por polígonos. Assim sendo, é importante que haja uma forma mais simples e intuitiva de manipulá-los;
- ferramentas intuitivas para texturização: grande parte da riqueza de uma modelagem está na boa aplicação de texturas sobre os modelos. É comum, por exemplo, ter que aplicar um mapeamento de texturas para polígonos individuais;
- boas ferramentas para otimização de polígonos: é comum, durante o processo de modelagem, criar objetos com mais polígonos do que se pode suportar no jogo. Assim sendo, é importante que um pacote de modelagem forneça recursos para reduzir o número de polígonos de objetos, minimizando a sua perda de qualidade;
- boa interface de visualização: para o artista é importante que na medida que um objeto seja construído, possa-se acompanhar, em tempo real, como o mesmo será visto no jogo.

O desenvolvimento do jogo será na grande maioria das vezes feito através de algum *game engine*. Um motor de um carro é responsável por fazê-lo andar. Ao dar a ignição do veículo, o motorista coloca o motor em funcionamento e começa a mover-se com ele, sem precisar saber como funciona todo o processo mecânico. A transferência do movimento dos eixos para as rodas, a sincronização das explosões dos pistões, a injeção de combustível na câmara de combustão, tudo fica a cargo do motor. Um *engine* é mais ou menos isso. Dentro do conceito de engenharia de software, é a parte do projeto que executa certas funcionalidades para um programa. Dentro da área de jogos, um *engine* se encarregará por entender-se com o hardware gráfico, irá mandar os modelos para serem renderizados, cuidará da entrada de dados do jogador, tratará de toda a matemática “suja” e outras coisas que o desenvolvedor de jogos não deseja fazer.

### Características de uma boa ENGINE



- permitir que o desenvolvedor possa criar diversos jogos diferentes, usando um mesmo *engine*;
- poder reutilizar com facilidade o código desenvolvido em algum momento;
- abstrair a manipulação de API's (embora, em muitos casos, o desenvolvedor irá usar as próprias API's dentro do ambiente do *engine*, para implementar funcionalidades específicas);
- possibilitar uma fácil integração entre código e modelagem 3D. Para esta finalidade é comum que os *engines* apresentem editores de cenas.

Normalmente, um *engine* é composto por diversas ferramentas, cada uma responsável por alguma etapa do processo de criação de um jogo. Os componentes mais comuns (ZERBST, 2004) de se encontrar em *engines* são dadas a seguir.

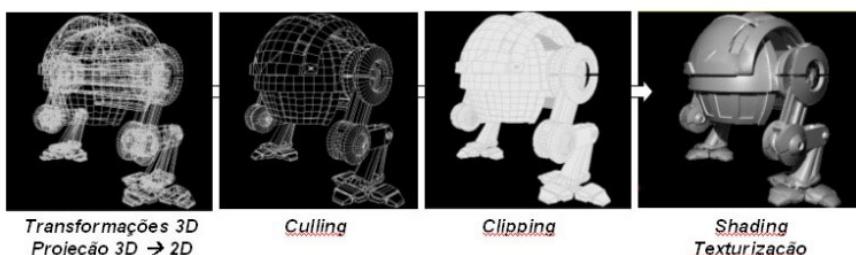
## A – Renderização

Este módulo será responsável basicamente pelo *pipeline* gráfico, que é o processo de gerar imagens 2D partindo de modelos 3D (Figura 20.3). Este processo é dividido em diversas etapas (EBERLY, 2000), sendo as mais importantes:

- **transformações 3D**: nesta etapa aplica-se o movimento aos modelos 3D., que consiste no seguinte: a cada passo do jogo uma matriz irá acumulando o resultado de todos os movimentos que o objeto sofreu ao longo de seu histórico. Antes de visualizar a cena, será aplicada esta matriz sobre cada vértice que o compõe, posicionando-o no local que lhe corresponde naquele instante;
- **projeção 3D para 2D**: os vértices que compõem o objeto são coordenadas 3D, porém, a imagem do modelo deverá ser desenhada em uma superfície 2D (tela do computador). Nesta etapa, os vértices do modelo serão projetados sobre o plano de projeção da câmera. É comum encontrar esta etapa do pipeline junto com a etapa de transformações 3D, pois em última instância realizar esta projeção consiste em uma aplicação de matriz de transformação;
- **culling**: existem inúmeras formas de otimizar o processamento gráfico de um jogo. Uma destas consiste nos métodos de *culling* (*cull* em inglês significa “refugo, selecionar de dentro de um grupo”). Assim, as técnicas de *culling* escolhem polígonos adequadamente, tal que em uma determinada situação, estejam presentes apenas aqueles que realmente importam para a visualização a partir do ponto em que a câmera se encontra. De outra forma: quais dos polígonos de uma cena deverão ser enviados para o *pipeline* da placa gráfica? Obviamente não se deseja enviar algum que não terá nenhuma influência na visualização, mas até que ponto é simples realizar esta escolha, de forma rápida? Existem muitos algoritmos que farão este tipo de escolha, onde a eficiência deste procedimento estará

atrelada ao tipo de agrupamento e ordem de polígonos (um terreno possui uma distribuição de polígonos completamente diferente de que um personagem ou um labirinto). O *culling* pode ser feito em qualquer estágio do *pipeline* gráfico, mas, quanto antes se consegue desconsiderar os polígonos que não interessam, melhor. E, um método de *culling* não anula outro e podem ter os efeitos somados;

- **clipping:** ao projetar polígonos sobre o plano de projeção da câmera, alguns polígonos cairão totalmente dentro da área da tela e outros cairão parcialmente dentro, ou seja, apenas uma parte do polígono estará na tela de projeção. Para estes polígonos é necessário realizar o clipping (recorte), que consiste em criar novas arestas e vértices;
- **rasterização (iluminação e texturização):** finalmente, a última etapa do processo de renderização consiste em preencher os polígonos adequadamente, aplicando o material com o qual estão definidos. Inicialmente, poderia se pensar em fazer este processo através de um cálculo de iluminação para cada um dos pixels (*per pixel*) do interior de um polígono. Entretanto, isto seria demasiadamente custoso em termos computacionais. Para viabilizar este processo realiza-se uma interpolação (rasterização) entre a cor de cada um dos vértices que compõe o polígono. Desta forma, o cálculo de iluminação é feito apenas para cada vértice (*per vertex*) visível da malha. Esta rasterização também pode demandar muito processamento, pois apesar de ser algo simples de ser feito, existem pixels em uma tela, mas, pode ser realizado por um hardware específico para esta tarefa: placa gráfica ou GPU.



**Figura 20.3** Etapas mais importantes do pipeline gráfico.

## B – Física

Grande parte da interatividade de um jogo se deve ao funcionamento das leis da física (ou ao menos em uma parte delas) sobre o mundo virtual criado. Assim, ao andar sobre um labirinto e bater numa parede o jogador não pode atravessá-la; ao dar um pulo, o jogador deve colidir com o chão e não continuar caindo para sempre; ao acelerar um carro, sua velocidade deverá ir crescendo gradualmente e não abruptamente. Os cálculos de física básicos em um jogo são:

- **colisão:** objetos 3D devem colidir com outros. Esta colisão não é tão trivial de ser realizada para um mundo virtual como o é para o mundo real, já que em última instância corresponderia a verificar se cada um dos polígonos de um determinado objeto possui interseção com cada um dos polígonos do restante da cena. Existem inúmeras formas de otimizar estes cálculos (EBERLY 2003), sendo a mais comum a técnica de *bounding-boxes*, que consiste em englobar cada objeto por uma caixa e calcular a colisão para a caixa e não para a malha completa do objeto.
- **resultante de forças:** os objetos se movimentam num mundo real devido à aplicação de diversas forças sobre o mesmo. Num ambiente virtual será necessário simular a aplicação de forças de diversas naturezas sobre os objetos, calculando a resultante a cada instante para verificar como será o seu movimento (BERGEN 2003).

Os cálculos de física exigem normalmente um grande poder computacional. Assim, as arquiteturas de engines mais modernos utilizam APIs capazes de acelerar os cálculos através das GPUs, tais como o NVIDIA PhysX ou o Havok.

## C – Inteligência Artificial

Entende-se por Inteligência artificial para jogos os programas que descreverão o comportamento de entidades não controladas pelo jogador, tipicamente os NPC (*non-player characters*). Na maioria dos casos, esta inteligência artificial é desenvolvida através de máquinas de estados. Os algoritmos de máquinas de estados procuram resolver problemas formalizando diversos possíveis estados em que um elemento pode se encontrar (no caso de uma televisão, por exemplo, poderia se ter estes estados: Desligada, Acesa e *Stand-by*). A transição de um estado para outro estará atrelada a algum evento que dispare

esta mudança (no exemplo anterior, ao apertar a tecla *<on>* a TV muda do estado de desligada para *Stand-by*).

Desta maneira, a inteligência de um personagem de um jogo pode ser descrita por diversos estados em que o mesmo pode se encontrar (no caso de um jogo de ação, poderíamos descrever estes estados como espera, perseguição, ataque, fuga, morte, por exemplo). Este personagem deverá fazer um monitoramento constante sobre acontecimentos que possam disparar a mudança de um estado para outro. Usando o exemplo de um jogo de ação, suponha-se que o fato de o jogador se aproximar mais do que 30 m do NPC faça com que o mesmo passe do estado de espera para o estado de perseguição.

### 20.3.3 Testar e publicar

Uma vez terminado o desenvolvimento, nada garante que o jogo será divertido. Desafios intransponíveis ou muito fáceis geram desbalanceamentos que precisam ser corrigidos. Na maioria dos casos, para poder detectar estes parâmetros, é necessário que muitas pessoas joguem o jogo. Chama-se a esta etapa de *Beta teste* do jogo. É comum que empresas selezionem um grupo fechado de usuários (*beta-testers*) para que façam este trabalho. Atualmente existem diversas estratégias para gravar o histórico destas sessões jogos, possibilitando que os desenvolvedores possam entender ciclos que se repetem (significando que uma parte do jogo está oferecendo muitas dificuldades para ser transposta) ou sequências que demonstrem pouca dificuldade.

A utilização de técnicas de Inteligência Artificial para analisar estes dados tem se mostrado uma área importante, já que isto permite responder perguntas não triviais em relação as sessões arquivadas. Além disto, ao armazenar o histórico de uma forma estruturada e classificada, é possível que venham a ser usadas técnicas para calibração automática de parâmetros, tornando o jogo capaz de se adaptar ao usuário específico. Após alguns ciclos de testes, vem uma das partes mais complexas da cadeia produtiva: a publicação. Colocar o jogo em circulação não é uma tarefa fácil, uma vez que centenas de jogos são produzidos mensalmente. Atualmente é possível publicar através de uma *Publisher* ou através dos mecanismos de publicação online. No primeiro caso, trata-se de empresas especializadas em publicar e colocar jogos no mercado. São geralmente grandes e possuem presença mundial ou em vários países.

Estas empresas irão cobrar uma boa porcentagem do jogo produzido e oferecerão diferentes modelos de negócios aos desenvolvedores. O segundo caso dá mais liberdade ao desenvolvedor, porém não garante uma estratégia de marketing e divulgação, não garantindo que o produto ganhe visibilidade. *Apple Store*, *Google Play* e *Steam* são os ambientes mais comuns para este tipo de publicação.

## 20.4 O futuro dos jogos

Nesta seção apresentamos possibilidades futuras para os jogos, enfatizando realidade virtual, inteligência artificial e computação em nuvem.



### Você Sabia?

O mercado de jogos está em ascensão no Brasil, constando entre os Top 10 mundial em termos de faturamento nesta indústria bilionária, com muitas startups e empresas sólidas no mercado, muitos jogos desenvolvidos (*METALmorphosis*, *Ninjin*, *Battle Rides*, “Aritana e a Pena da Hárpias” etc) e contando com o surgimento de cursos específicos para o desenvolvimento de jogos digitais, o que envolve profissionais de diversas áreas, indo muito além da computação e sendo um campo multidisciplinar (contando também com produtores, artistas, compositores, músicos, designers etc).

### 20.4.1 Realidade virtual, realidade aumentada e realidade mista

Ao longo de muitos anos o conceito de realidade virtual e realidade aumentada estava relacionado a um alto custo de equipamentos e recursos, sendo primordialmente usado em cenários *high-end*, tais como petróleo, indústria automobilística, simuladores etc. O advento e barateamento dos *Head Mounted Displays* (HMDs) tornou convidativo que empresas de jogos começassem a explorar o recurso de forma maciça.

Embora a realidade virtual permita um grau de imersão muito maior que as telas convencionais, exigem uma série de cuidados e limitações, não permitindo que tudo o que é feito em jogos convencionais possa ser feito em jogos com realidade virtual. É por isso que a indústria posicionou VR em um nicho específico e não se espera que o mesmo substitua por completo jogos convencionais. Estas limitações estão principalmente relacionadas com o conceito denominado de *Cybersickness*, que consiste no desconforto causado por alguns fatores:

- **baixa latência:** quando ocorre um atraso entre uma ação do jogador e o que é mostrado no HMD;
- **falta de correspondência de movimentos e imagens:** quando a imagem projetada no HMD mostra um movimento grande (uma curva, por exemplo), mas, o mesmo não acontece no mundo real, há uma disparidade de sentidos: o sentido visual acusa um movimento brusco, mas, os demais sentidos acusam que estamos parados. Este tipo de situação causa náuseas e enjoos com bastante facilidade.
- **ausência de foco no mundo real:** o sistema de visão humana está acostumado a ver planos focados e outros planos desfocados, em função da convergência ocular. Em ambientes de VR normalmente tudo é mostrado focado, quando se usa HMDs e cenários interativos, já que não há sistemas de rastreio da retina, para saber onde se está olhando. Este efeito causa sensação de estranheza e pode causar desorientação.

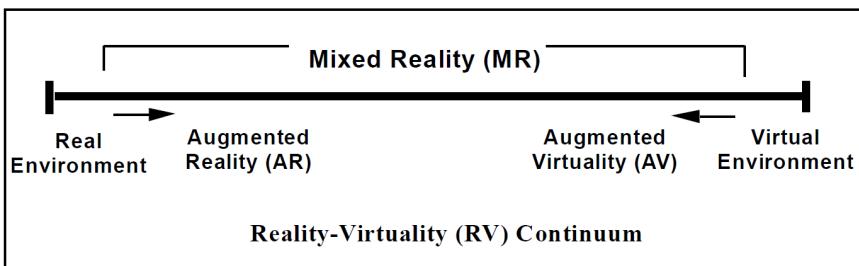
Há uma série de outros fatores, bem como uma ampla literatura para auxiliar desenvolvedores a seguir regras de interface e design, de forma a reduzir e minimizar os efeitos de *cybersickness*: (PORCINO *et al.*, 2017; FUCHS, 2017).

Em realidade virtual, a presença pode ser definida como “o sentido de estar em um ambiente virtual, não necessariamente igual ao local onde se encontra o corpo físico” Sanchez-Vives *et al.* (2005). Importantes aspectos deste sentido de presença incluem o campo de visão do usuário, número de estímulos sensoriais criados pelo sistema de realidade virtual, qualidade da sintetização de cada modalidade sensorial e a qualidade do rastreamento. (Sanchez-Vives *et al.* 2005) referem-se à imersão como a capacidade técnica de um sistema para entregar um ambiente convincente no qual o participante possa integrar. Embora imersão e presença são conceitos aqui correlacionados, mas não sinônimos, há uma grande falta de consenso na literatura (SCHUEMIE *et al.*, 2001).

Enquanto a área de realidade aumentada pretende inserir objetos virtuais em cenários reais, a realidade virtual apenas mostra elementos virtuais. Entre a realidade virtual e a realidade aumentada encontramos o conceito de realidade mista. Em um trabalho pioneiro (MILGRAM *et al.*, 1999) foi proposto um espectro capaz de representar as possíveis variações de realidade mista (Fig. 20.4). Neste contexto,

a realidade mista representa um ambiente de aplicação que mistura elementos virtuais com elementos do mundo real. Esta classificação é adotada frequentemente para descrever diversos cenários existentes no contexto de realidade virtual e realidade aumentada. Em ambientes de realidade mista (Fig. 20.4), os usuários navegam pelos ambientes real e virtual ao mesmo tempo. Em vez de residir em um mundo inteiramente virtual, isto é, realidade virtual, os objetos virtuais são ancorados no espaço real do usuário e aumentam seu ambiente real, fazendo com que as interações virtuais pareçam reais. Essas interações imitam o comportamento natural de interação, como objetos ficando maiores à medida que se aproxima e a mudança de perspectivas à medida que se move em torno de um objeto. Quando os mundos real e virtual são mesclados, novos ambientes e visualizações tornam-se possíveis, onde objetos físicos e digitais podem coexistir e interagir em tempo real. Embora exista uma correlação entre as áreas, define-se também o conceito de virtualidade pervasiva.

A realidade virtual pervasiva (RVPPV) é um conceito que compreende um ambiente de realidade virtual mista e que é construído e enriquecido usando fontes de informação do mundo real (VALENTE *et al.*, 2017). Elementos reais e físicos são incorporados ao ambiente virtual, usando dispositivos com reconhecimento de contexto, como por exemplo, sensores, técnicas de visão computacional e tecnologia *wearable*. Esta extensão do conceito de realidade virtual mista pode ser alcançada através do uso de dispositivos HMD, redes sem fio e outros. O usuário se locomove em um ambiente virtual ao caminhar fisicamente em um ambiente físico caminha através de um ambiente virtual caminhando realmente em um ambiente físico (exposto a sons, calor, umidade e outras condições ambientais) o que o permite explorar o ambiente de forma intuitiva e imersiva. Neste ambiente virtual, o usuário pode tocar, transportar, mover e colidir com objetos físicos. No entanto, o usuário só pode ver representações virtuais desses objetos, ou seja, apesar de caminhar e interagir com o ambiente real os usuários não veem nenhum conteúdo do mundo real. Mesmo quando um usuário fisicamente aperta a mão de outro usuário, não se tem ideia sobre as características reais desse outro usuário (por exemplo, gênero, aparência, características físicas), vendo na verdade um avatar que o representa.



**Figura 20.4** Reality - virtuality - continuum.

Fonte: Milgram *et al.*, 1999.

#### 20.4.2 Gráficos mais imersivos

O *pipeline* gráfico tempo real utiliza a técnica de rasterização, conforme apresentado na seção anterior. Este modelo é muito eficiente e rápido, sendo sempre acelerado pela GPU. Entretanto, como o processamento de iluminação não é feito para cada pixel, porém para os vértices, é impossível modelar com precisão os fenômenos óticos: reflexos, efeitos de iluminação indireta (raios de luz que já refletiram em alguma superfície e são devolvidas ao ambiente), translucidez, dentre outros, são modelados de forma não real e com muitas aproximações. O reflexo, por exemplo, é inserido através de um mapa de ambiente, que consiste numa textura parecida com o cenário que envolve o objeto e simplesmente texturizado no objeto em questão.

O *ray-tracing*, por outro lado, é um modelo de iluminação muito mais acurado que a rasterização, onde se simula de forma realista o percurso dos raios de luz dentro de um cenário. O realismo obtido é grande e é por isso que esta técnica vem sendo usada há anos para cinema e animações não executadas em tempo real. Entretanto, seu alto custo computacional inviabilizou durante anos seu uso em jogos e aplicações interativas. O advento da computação altamente paralela, especialmente as GPUs, estão tornando o *ray-tracing* viável para tempo real, sendo uma tendência importante para as futuras plataformas. Tão importante é o impacto causado pela sua inserção nos *game engines*, que a empresa NVIDIA vem remodelando a arquitetura das GPUs, para poderem suportar aceleração de *ray-tracing* além da aceleração da rasterização. A série RTX é a primeira arquitetura dedicada a este tipo de tarefa (Fig. 20.5).

Muitos artistas gastam bastante tempo da modelagem de cenários preparando artefatos para que as imagens rasterizadas fiquem realistas. Com o uso do *ray-tracing*, estas tarefas serão simplificadas e cenas muito mais realistas serão obtidas naturalmente.



**Figura 20.5** Exemplo de uma imagem criada em tempo real com *ray-tracing*, utilizando a primeira arquitetura de GPU dedicada a este modo gráfico.

Fonte: NVIDIA.

#### 20.4.3 Mais Inteligência Artificial

A inteligência artificial sempre esteve presente nos jogos, porém seu uso estava dedicado a programar comportamentos de personagens e objetos não controlados pelo jogador. O advento das redes neurais vem trazendo novas oportunidades: ao coletar as informações dos jogadores, é possível criar uma base de conhecimento de sessões jo-

gadas, possibilitando que o jogo seja calibrado individualmente para cada usuário, de acordo com sua forma de jogar e atuar (KOHWALTER *et al.*, 2018).

Técnicas de aprendizagem por reforço também vem tornando possível que a programação de partes do fluxo do jogo e dos comportamentos de personagens passem a ser feito por treinamento ao invés de modelos tradicionais, tais como máquinas de estados. Treinar personagens permite que os mesmos acabem tendo comportamentos mais próximos do comportamento humano, permitindo inclusive que o treinamento possa ser feito por perfis de usuários específicos. Assim, um mesmo jogo pode ter personagens treinados por crianças e por adultos, fazendo com que os comportamentos estejam mais adequados para cada perfil, dependendo do jogador.

#### **20.4.4 Plataformas em nuvem**

As mudanças de plataformas de jogos são um gargalo para os usuários e para a indústria. A troca de geração de um *game console* para outro, por exemplo, implica uma série de campanhas de marketing, riscos de pouca adesão, custos altos (muitas vezes subsidiados pelas empresas). O uso de nuvens como processamento dos jogos demonstra-se uma importante solução para este problema. Diversas empresas já afirmaram que no futuro não haverá mais a comercialização do hardware do *videogame*, mas apenas o serviço. Esta tendência já é uma realidade em outras mídias, tais como filmes e música, porém no cenário de jogos a necessidade de processamento nas nuvens é alta, tornando-o mais custoso.

Jogos massivos usam serviços de nuvem e já existem há muito tempo. No entanto, os servidores para estes tipos de jogos apenas precisam processar a lógica e a integração de múltiplos usuários. O próximo passo é que realmente todo o processamento do jogo seja processado nestes ambientes, inclusive o rendering. Tecnologicamente não há mais grandes desafios para esta tecnologia, sendo que a NVIDIA já possui o serviço GForce Now, junto com sua plataforma Shield (NVIDIA, 2019).

## 20.5 Computação coletiva: imersão, interação e efeitos visuais e sonoros

Nesta seção, iremos abordar o mundo de possibilidades tecnológicas no entretenimento, além dos jogos digitais, dando ênfase à computação coletiva (*crownd computing*) e o uso de dispositivos móveis, tangíveis e usáveis para a garantia de maior interação e imersão do público participante.

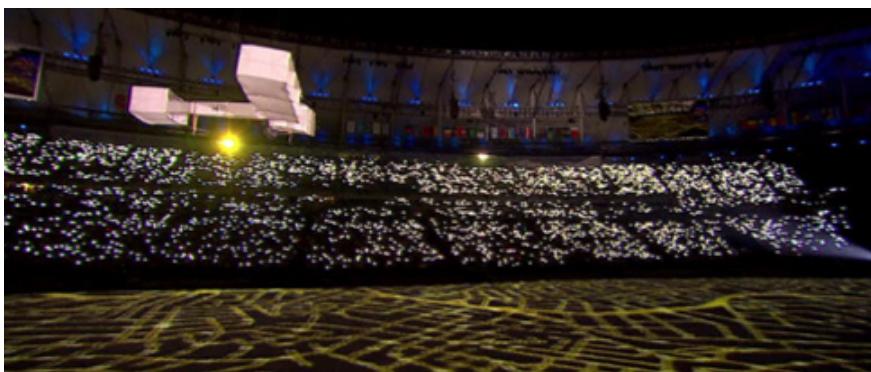
### 20.5.1 Aglomerou: como engajar e imergir?

O Brasil tem sido palco de grandes eventos culturais e esportivos, onde a realização da Copa do Mundo de 2014 e dos Jogos Olímpicos do Rio em 2016, são exemplos disto. Outro exemplo é a realização de festivais de música como o *Rock in Rio* e o *Lollapalooza*. E, no mundo todo, eventos deste tipo atraem multidões que, muitas vezes, se limitam a um papel secundário como expectador passivo e sem maiores possibilidades de interagir de fato com o espetáculo. Deste modo, a necessidade de um maior engajamento em eventos dessa natureza é sentida pelo próprio público que, muitas vezes, por iniciativa própria, encontra maneiras criativas de participar do espetáculo. Tais iniciativas espontâneas emergem da multidão e não são concebidas pelos organizadores do evento, como por exemplo, a reação espontânea do público na abertura das Olimpíadas Rio 2016, acendendo as lanternas dos *smartphones* (Fig. 20.7), o que agora se tornou um ato comum do público. Porém, há casos em que esse engajamento da audiência com o espetáculo é pensado e orquestrado pelos próprios organizadores, como na torcida de um time de futebol em um estádio, onde foi montado um mosaico com placas de papel (Fig. 20.6). A banda musical *Coldplay* distribuiu pulseirinhas de Led que mudavam de cor durante o show, reagindo conforme a música que estava sendo tocada (Fig. 20.8).

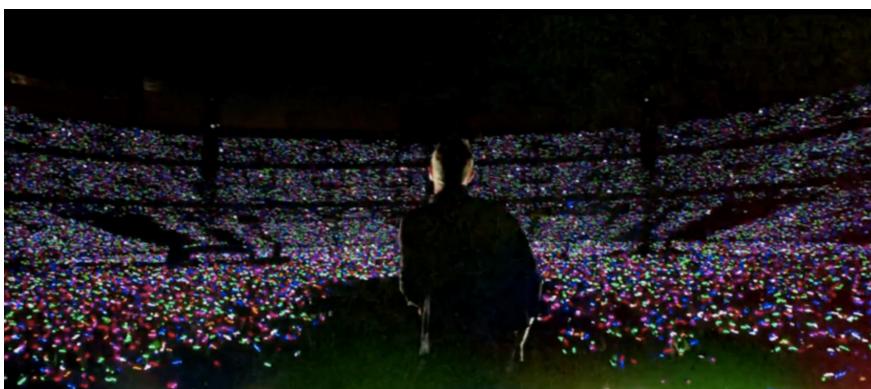


**Figura 20.6** Mosaico manual (com folhas de papel), em estádio de futebol e que pode ser reproduzido por tecnologias digitais usando *smartphones*.

Fonte: ESPN (<http://espn.uol.com.br/>)



**Figura 20.7** Abertura dos Jogos Olímpicos RIO 2016, com ação espontânea do público ao ligar a lanterna dos *smartphones*.



**Figura 20.8** Público do concerto da banda *Coldplay* com as pulseiras iluminadas.

Fonte: Paul Dugdale (<http://aaarchie.blogspot.com.br/2012/10/paul-dugdale-coldplay-live-2012.html>).

Os exemplos apresentados demonstram a importância do engajamento do público em diferentes tipos de evento, com potencial de ser cada vez maior quando se tira proveito do poder de processamento dos artefatos digitais, como por exemplo o *smartphone*, já de posse da maioria do público. Assim, as pesquisas apontam para o uso de plataformas tecnológicas para o aumento do engajamento da audiência em eventos baseados em multidão (*crowd-based events*), apoiada pelas teorias das dinâmicas de multidões (*crowd dynamics*) e da computação e sensoriamento de multidões (*crowd sensing*) (ROGLLA, 2017), (STILL, 2002) (VASCONCELOS *et al.*, 2019), (VASCONCELOS *et al.*, 2018), (GADELHA *et al.*, 2018).

Aplicações que busquem engajar público de grandes eventos como os mencionados acima devem considerar alguns aspectos como: as peculiaridades de disposição do público esperado pelo evento e de infraestrutura de rede dos locais de realização dos eventos, sendo possível que diferentes efeitos visuais, sonoros e uma combinação destes, sejam realizados.

#### **20.5.1.1 Efeitos visuais**

Conseguir realizar efeitos visuais em grande escala é possível de diversas formas. Nos Jogos Olímpicos de Inverno de 2018 no Canadá, foram usados pequenos monitores que eram controlados de maneira centralizada e cabeadas, de tal forma a formar um mosaico digital na plateia, com um custo altíssimo envolvido. Porém, soluções que usem recursos do público, seus próprios *smartphones* e disposição de participar, estão sendo consideradas, o que envolve um baixo custo para a organização e proporciona maior interatividade e imersão. Há também os exemplos com tecnologias ‘usáveis/vestíveis’ (*wearable*), tal como apresentado antes, onde as pulseiras de Led dadas ao público na turnê da banda Coldplay reagiam ao som mudando de cor (a um custo de US\$1,500 por show, pois eram descartáveis). Outro exemplo interessante é o do show da banda coreana de K-pop, a BTS, que vende por US\$ 20 dólares o artefato tecnológico tangível “*army bomb*”, uma lanterna digital de luzes coloridas usada nos shows e vendida por cerca de US\$60 e que a cada turnê tem fuma nova versão (um novo gadget deve ser comprado, turbinando os ganhos paralelos do grupo).

## Tipo de Posicionamento e Disposição do PÚBLICO

Disposição Conhecida:	Ocorre quando os lugares são delimitados e marcados, mesmo que sejam de livre escolha do participante. Neste caso, aplicações desenvolvidas devem reconhecer o local de cada participante do evento. Como consequência, consegue-se efeitos visuais sofisticados envolvendo animações ou formações de desenhos na plateia.
Disposição Aleatória:	Ocorre quando não se tem controle do local exato em que cada elemento do público ficará durante o evento. Este tipo de disposição é comum em eventos como shows musicais em grandes espaços como estádios, parques ou praias, onde a audiência costuma ficar em pé ou arquibancadas, porém, sem o compromisso e garantia de permanecer no mesmo lugar durante todo o evento. Neste caso, não é possível identificar previamente onde um determinado participante do evento estará e os efeitos visuais possíveis são mais limitados, como por exemplo, luzes piscando em cores aleatórias, audiência toda iluminada com uma cor sólida e troca de cores (efeitos de lanternas coloridas).



**Figura 20.9** Experimento em sala de aula, usando smartphones dos próprios alunos, para as versões Online e Offline.



**Figura 20.10** Uso de smartphones para ações de torcida, onde todos usam um aplicativo de crowd computing para a realização de efeitos visuais de lanternas coloridas durante festival folclórico de Parintins, no Amazonas

A combinação dos aspectos de disposição de público e infraestrutura de redes pode determinar a variabilidade de efeitos viáveis para um determinado público de um grande evento. A Tabela 20.1 apresenta tais variações e os efeitos possíveis em cada configuração.

**Tabela 20.1** Configurações de disposição de plateia e disponibilidade de infraestrutura de redes

Infraestrutura	Disposição da audiência	Efeitos
Rede com/sem fio (ON-LINE)	Conhecida	Detalhados, comandados por um elemento central (controlador)
	Desconhecida	Limitados, comandados por um elemento central (controlador)
Sem rede (OFFLINE)	Conhecida	Detalhados, pré-programados
	Desconhecida	Limitados, pré-programados

### 20.5.1.2 Efeitos sonoros

Muito do que foi discutido na seção anterior sobre efeitos visuais também vale para efeitos sonoros. Nesta seção questões específicas são abordadas.

As tecnologias podem e estão sendo utilizadas para proporcionar possibilidades maiores de efeitos sonoros e imersão do público participante em espetáculos, jogos digitais ou mesmo em ambientes de experimentação artísticas. Neste contexto, reconhecer o gênero e o ritmo da música para reagir e realizar alguma ação, trabalhar com espacialização sonora para garantir maior imersão em ambientes de jogos digitais, por exemplo, são questões em plena evolução. A localização sonora é uma habilidade que o ser humano possui, a qual lhe permite determinar a direção de uma dada fonte sonora. Para explorar esta habilidade, o som especializado tem sido amplamente utilizado na arte, no cinema, em jogos e na realidade virtual/aumentada. Em muitos destes cenários, um projetista de som é o ator central e responsável por dar emoção à imagens projetadas de um filme. Nos jogos e na realidade virtual, a sonorização dos elementos e seus comportamentos seguem um roteiro definido. É o projetista de som que orquestra a distribuição de cada elemento de uma cena sonora pelas caixas de som espalhadas em um ambiente. Os sistemas de software disponíveis são complexos e necessitam de uma grande experiência em sua utilização e a forma de especializar os sons envolvem esse agente

central, responsável pelo comportamento que o som deve ter. Existem também várias aplicações que proporcionam uma espacialização sonora em tempo real. Nas artes, quando se trata de um concerto de música eletroacústica este personagem também está presente, como responsável pelo controle do som.

Pesquisas recentes têm investigado maneiras de proporcionar uma espacialização sonora considerando diferentes fontes sonoras a serem controladas por atores distintos (AMAZONAS, 2017). Um framework escalável para espacialização de sons em tempo real baseado em Projeto de Interação Sônica, aplicável a múltiplos contextos, possibilitando a flexibilidade da configuração de alto-falantes a serem utilizados, permitindo o controle total e individual da localização de várias fontes sonoras sendo processadas em tempo real, fazendo uso de geração de código personalizado e possibilitando, assim, a eliminação da figura centralizadora do projetista de som. Este framework traz independência, escalabilidade e performance para as aplicações. Podendo ser aplicável em performances de música eletroacústica por exemplo, ou mesmo em performances colaborativas em que cada usuário pode ser plateia e compositor ao mesmo tempo. Há também a facilitação do desenvolvimento de aplicações independentes que explorem o processamento de som em tempo real como simuladores e jogos de realidade virtual/aumentada. Aplicações envolvem a análise do ponto de saturação do som, composição colaborativa de música eletroacústica espacializada e espacialização sonora de jogos digitais.

#### **20.5.1.3 Tudo junto e misturado: imersão, efeitos visuais e sonoros**

O caminho natural é unir todas as possibilidades tecnológicas que garantam uma maior interação e imersão dos participantes. Em um espetáculo de música, os efeitos visuais podem apresentar formações de imagens e textos (de patrocinadores, com a letra da música, com frases enviadas pela plateia etc) e isto em reação ou em conjunto a efeitos sonoros (com as cores pulsando no ritmo da música que está sendo tocada, podendo incluir efeitos de espacialização).



### Você Sabia?

Os shows musicais e espetáculos culturais em geral estão cada vez mais ricos, interativos e imersivos, através do uso de tecnologias digitais. Desde o modo mais simples, apenas ligando a lanterna dos celulares, até o uso da tela do celular para efeitos visuais mais complexos coletivamente, combinado com a captura de sons.

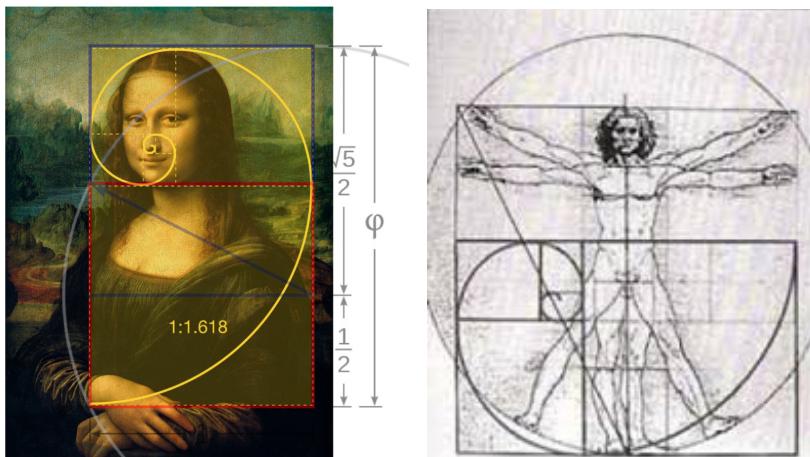
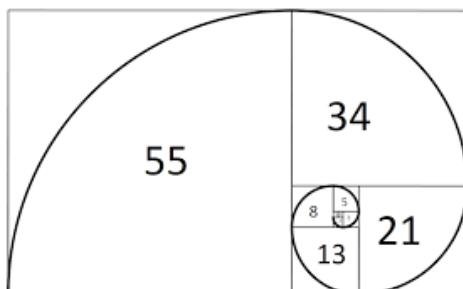
E o uso de tangíveis e usáveis/vestíveis de propósito específico, como as pulseirinhas de LED do show do Coldplay ou as “*army bombs*” digitais do grupo de k-pop coreano BTS.

Mundos virtuais e mistos tem impactado o show business, como na exposição com realidade aumentada “Björk Digital”, que mistura música, videoclipes e realidade virtual e mista, da multiartista homônima.

## 20.6 Expressões Digitais: Literatura, Música e Arte em Geral

A criatividade é uma das características mais fantásticas dos seres humanos, e embora tenha contribuído de forma decisiva para a evolução da humanidade, não existe um conceito fechado que a defina em sua totalidade (Mishra e Henriksen, 2018). O pensamento criativo possibilitou o desenvolvimento das ciências, artes, matemática e das tecnologias (*STEAM – Sciences, Technologies, Engineering, Arts and Mathematics/Music*), onde a mesma habilidade e imaginação demonstrada na resolução de problemas de forma eficiente e inovadora é usada para a criação das obras de arte espalhadas por todo o mundo (MISHRA; HENRIKSEN, 2018). Que fascinação é essa que o quadro de Monalisa exerce sobre as pessoas? O fascínio desta obra de arte vai muito além do sorriso enigmático da personagem e tem uma explicação, digamos, matematicamente divina: tal obra segue os princípios da razão áurea ou divina proporção (*golden ratio*), tão presente nas obras de Leonardo da Vinci (Fig. 20.11). O homem Vitruviano é um outro grande exemplo, onde Da Vinci comprova que o corpo humano segue tal proporção matemática. Mas, indo além das obras humanas, já se perguntaram por que o trevo de quatro folhas dá sorte? Porque ele é raro na natureza, onde o mais comum é encontrarmos flores e folhas em quantidades de 1, 2, 3, 5 ou 8. Ou seja, quantidade que respeita a tal razão áurea, de valor 1,618 relativo ao fator existente fruto da divisão entre dois números seguidos da sequência de Fibonacci que, começando de 0 e 1, tem cada próximo número gerado como a soma dos dois anteriores, sendo assim: 0, 1, 1, 2, 3, 5, 8, 13, 21, 34, 55 etc. Esta divina proporção, portanto, está presente nas obras da natureza e nas

criadas por nossas mentes brilhantes, incluindo muitas obras de artes digitais modernas (Art Ignition, 2019), onde pesquisas sugerem que mesmo pequenas mudanças que tornam uma imagem mais próxima a essa proporção causam grande impacto no cérebro daquele que a observa, mesmo que ainda se desconheça a real razão disto.



**Figura 20.11 Exemplos da divisão proporção nas obras de arte de Leonardo da Vinci, Monalisa e “O Homem Vitruviano”**

Fonte: Galerias de imagens públicas na internet.

Deste modo, sabemos mais sobre o universo do que sobre o nosso próprio cérebro, essa estrutura complexa fantástica que nos permite aprender, falar vários idiomas, deduzir fórmulas, guardar memórias, contar histórias, projetar máquinas e mundos virtuais, indo além da imaginação. As possibilidades humanas são tão vastas, que muitos autores de ficção científica fazem com que essas características sejam o desejado nas máquinas: garantir uma inteligência humana artificialmente. Quem nunca ficou em dúvida ao assistir *Blade Runner* (O

Caçador de Androides), baseado no livro “Androides Sonham com Ovelhas Elétricas?” (de Philip Dick), sobre a natureza do caçador Rick Deckard, se seria humano ou androide? Ou mesmo os dilemas da vida do ponto de vista de um ser eterno, como no filme A.I. (de Steven Spielberg), baseado no conto de Brian Aldiss “Super brinquedos duram todo o verão”. Todos estes, sucessores do escritor Isaac Asimov e suas obras-primas, como o “Homem Bicentenário”, da série de contos e romances “Robôs”, onde também estabeleceu as três leis da robótica para a boa convivência entre o homem e seus semelhantes robóticos.

A engenhosidade humana sempre teve um espaço cativo na vida das pessoas e os objetos resultantes dessa engenhosidade desempenham um papel de suma importância na sociedade humana. As expressões da criatividade começaram quando ainda nem havia o desenvolvimento da linguagem, e podem ser encontradas nas pinturas rupestres em vários lugares do mundo, uma forma de registrar a história da vida. Sempre encontramos formas de nos expressar, que dependem muito do que se tem a nossa disposição e acabam sendo um reflexo do tempo. Nestes tempos de avanços tecnológicos, então, as formas de se expressar por meio digital se ampliaram, seja usando o próprio computador ou apenas se trabalhando os conceitos computacionais, como explorado a seguir.

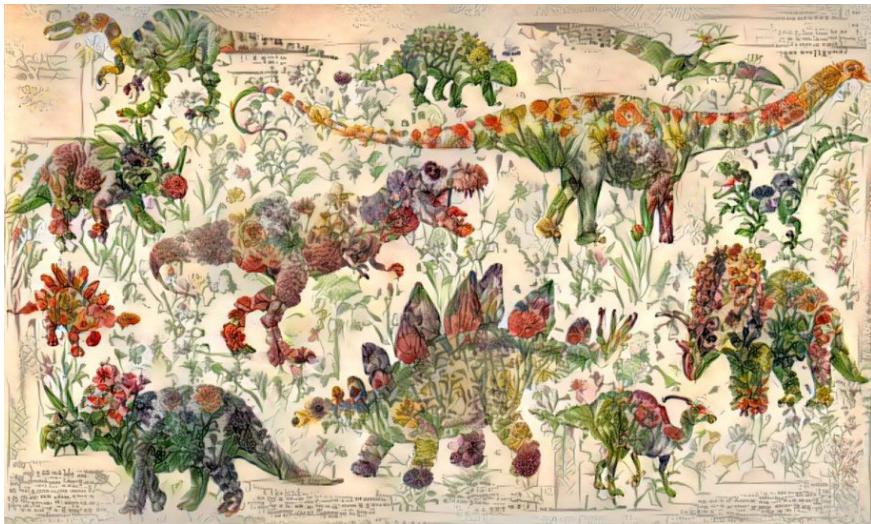
### 20.6.1 Expressões computacionais

As tecnologias computacionais que permitem que sistemas produzam obras de arte expressas em pinturas, esculturas, músicas, poesia etc, traz consigo uma série de questões e implicações morais e éticas, inclusive para cenário muito bem estabelecidos até o momento. Assim como o mundo assistiu a *uberização* de serviços em muitos níveis, agora assistimos a criação de novas políticas para o ramo do entretenimento, como sobre a quem atribuir a criação de uma obra gerada por computador cujas múltiplas fontes foram selecionadas por um artista, até como definir a intencionalidade nas ações.

Em 2012, o mundo assistiu aturdido o show de um ídolo já falecido. Parece estranho, mas foi isto mesmo: o rapper Tupac foi ressuscitado pela tecnologia e colocado em um palco 16 anos depois de sua morte, ao lado do colega *Snoop Dog* em um show que deixou os fãs em êxtase. Tudo isso através de um sistema baseado em técnicas de ilusionismo

e projeção de vídeo, onde imagens tridimensionais dão a impressão de realmente ter a materialização do artista. Outras iniciativas envolvendo artistas famosos do passado ‘ressuscitados’ em ambientes de inteligência artificial e realidades mistas tem acontecido: seria o prenúncio de uma forte tendência futura?

Em 2017, um *tweet* de Chris Rodeley, um estudante de doutorado em culturas digitais da The University of Sydney estampava uma imagem inusitada criada como resultado da mescla entre imagens de flores e imagens de dinossauros, utilizando um algoritmo de aprendizagem de máquina: arte e IA criando a espécie digital de ‘*dinoflowers*’ (Figura 20.12). Logo a imagem se tornou viral e Chris recebeu muitos pedidos de compra para imagens de alta resolução. O *mashup* (mescla de partes/características de elementos diferentes, podendo ser de uma música, vídeo, obra de arte etc) foi gerado utilizando o DeepArt.io que é um programa online que usa técnicas de aprendizagem profunda (*deep learning*), um método de aprendizagem de máquina baseado em redes neurais, sendo capaz de identificar e combinar elementos referentes ao estilo de uma imagem e aplicar ao padrão estabelecido por uma outra. Tal programa é gratuito, muito simples de usar (como os filtros do Instagram) e pode ser utilizado em atividades educacionais. E tal técnica é conhecida como transferência de estilo, onde você pode combinar os elementos que quiser, como a imagem de um cenário de ficção científica com uma foto antiga da família reunida. Os resultados são incríveis e muitas vezes não sendo fácil identificar as origens (NICHOLAS, 2017). Apesar do caráter inovador, a arte algorítmica não é nova, era chamada de *generative computergraphik*, criada por Georg Ness, nos idos de 1960.



**Figura 20.12** Exemplos de obras de arte digital: (a) “*dinoflowers*” gerada pela técnica digital *mashup* e *deep learning*; (b) imagem digital exemplo de espiral ‘de ouro’ em plantas.

Fonte: <http://geometricron.com>.

Outro exemplo interessante foi a mostra de Arte em San Francisco em 2016, organizada pela empresa Google e que contou com um grande número de obras de arte caríssimas. Muitas pessoas foram convidadas, mas o que eles não sabiam é que as obras foram criadas com o auxílio de um software desenvolvido pela Google. As imagens tinham um visual psicodélico e foram criadas a partir de diferentes bases de imagens, que foram combinadas com comandos que indicavam o que a imagem deveria exibir. O evento foi um sucesso, com a venda de vários quadros de custos elevados. Memo Atken, o artista que participou do processo, não vê problemas nessa nova forma de fazer “composições” (MCFARLAND, 2016). Assim como o caso anterior, quem deve receber os créditos pela obra?

Esse processo de produção de expressões digitais também é visto na poesia ou mesmo na elaboração de textos de gênero mais complexos. Então, ao que tudo indica, temos sistemas de software produzindo estas expressões artísticas; e, não só produzindo, mas também reconhecendo padrões de escrita etc, e se apropriando disso para criação digital (seria falsificação, novo tipo de plágio ou uma nova obra realmente?). A discussão sobre a produção de textos por computadores remonta à década de 1970, ainda com algoritmos mais simples. Sarah Harmon em 2008, quando era adolescente, criou um programa (OGDEN) na linguagem de programação Java, capaz de produzir poesias. Enviou para a revista de sua escola, e para sua surpresa, seu programa de computador foi aceito apesar da notação de que era muito abstrato. Os sistemas de software que realizam tal tarefa são simples e seguem regras de gramática e estruturas bem definidos para a produção dos versos, que passam a impressão de serem poéticos, há quem discuta essa produção pensando na intencionalidade, e sem esta, ele não seria um poema (EVE, 2017). De qualquer modo, o desafio atual é na produção de versos e textos mais complexos, onde o primeiro “*aedo digital*” chamava-se *Racter*, que escrevia textos em prosa de maneira aleatória, onde algumas de suas produções surreais foram inclusive publicadas na obra “*The Policeman’s Beard Is Half Constructed*”, de 1984. Os cientistas da computação, os novos artistas, querem ir além, buscando a criação de sistemas de software capazes de ter criatividade, onde entramos no paradoxo anteriormente colocado.

Oscar Schwartz e Benjamin Laird criaram uma espécie de teste de Turing para poesia online, disponível no site “*bot or no bot*” (<http://bot-poet.com>), onde é apresentado um poema e você precisa definir se ele foi escrito por uma máquina ou por uma pessoa. É divertido analisar o que nos leva a tomar as decisões e, aos poucos, ir percebendo alguns padrões, ainda que fique cada vez mais complexo decidir. Existem muitos sistemas capazes de produzir poesia, com diferentes tipos de técnicas, como o Figure8 da Sarah Harmon, o Aspera de Pablo Gervás, o gerador de símiles irônicas intitulado Sardonicus, ou ainda o What-if Machine, um gerador de situações fictícias para tomada de decisão. A criação desses sistemas computacionais capazes de possuir “criatividade” pode também ser uma alternativa econômica. É o que pensa Corey Pressman, sócio da agência digital Neologic que colocou no mercado o “*Poetry for Robots*”, cujo sistema permite que qualquer pessoa escreva poesia, usada em seguida para modelar emoções e impressões humanas que são associadas à imagens que lhes são apresentadas.

Outra forma de expressão artística digital é a composição musical de forma automática. Pensar em música gerada a partir de um padrão, como na animação da Disney “*Donald no País da Matemática*” é interessante. Em 1957 surgiu a primeira composição musical gerada por computador “*Illiad Suite for String Quartet*” de Lejaren Hiller e Leonard Isaacson, um produto experimental com técnicas rudimentares, produzido para fins acadêmicos. Em 1996 foi lançado (em disquete) um álbum de Brian Eno “*Generative Music 1*”. O resultado não foi tão interessante pois a sequência de repetições se mostrou um tanto enfadonha. Mas, a técnica se mostrou promissora e hoje há muitas iniciativas concretas de se criar música por computador, desde a síntese, passando pela composição musical, até diferentes formas de execução.

A arte algorítmica teve um grande avanço graças à evolução da IA e ao surgimento dos métodos de aprendizagem de máquina e das redes neurais artificiais (RNAs). Estas técnicas são capazes de localizar padrões, reaplicá-los e derivá-los. Ou seja, antes se criavam algoritmos específicos, hoje as RNAs são capazes de derivar regras a partir do material que recebem. O software *deepjazz*, da Universidade de Princeton é capaz de identificar padrões de jazz em músicas e gerar outras totalmente novas a partir dos padrões capturados. Existe também o projeto Magenta do Google, que se propõe a criar algoritmos capazes

de aprender a produzir arte e música por meio de RNAs. Para isso, grandes bases de dados são estruturadas para que se possa abstrair e extrair informações sobre padrões encontrados e relações entre eles, para a possível reaplicação.

## 20.6.2 Expressões computacionais desplugadas

Nos últimos anos surgiram algumas iniciativas, em sua maioria envolvendo a produção de textos com o objetivo de fazer o caminho inverso ao apresentado nas seções anteriores: ao invés de se usar o computador para produzir algo, se propuseram a escrever livros, histórias, poesias etc, com o propósito de compartilhar os fundamentos da computação (EVE, 2017), bem como de auxiliar no desenvolvimento do pensamento computacional (WING, 2006), uma habilidade inata do ser humano e que nos ajuda a resolver problemas quaisquer, desde aqueles do cotidiano de nossas vidas sociais (como trocar pneu, ir ao mercado ou fazer bolo) até problemas mais complexos de qualquer área do conhecimento.

Os jogos e brincadeiras são elementos culturais gerais que possuem um papel fundamental na infância e juventude, sendo utilizados para se trabalhar a capacidade criativa, de colaboração, raciocínio rápido e habilidades corporais, muitos sem qualquer apelo tecnológico, como os jogos teatrais. Nos últimos anos tem aparecido uma série de possibilidades de *unplugged serious game*, ou seja, jogos modernos que promovem a aprendizagem de computação de forma lúdica e implícita sem o uso do computador. Um exemplo é o *Cody & Roby*, uma série de jogos do tipo DIY game (“*do-it-yourself*” game ou jogo do “faça-você-mesmo”) cujo objetivo é o de promover a aprendizagem por meio do desenvolvimento do pensamento computacional e da cultura *maker*, onde a mecânica do jogo proporciona a execução de estruturas de programação, mas sem o uso de qualquer dispositivo eletrônico. Roby é um robô que executa os comandos que são repassados pelo Cody (em alusão ao código de um programa feito para uma máquina executar). As dinâmicas se dão por meio de cartas com três instruções: ande para a frente; vire à direita; e, vire à esquerda. Esta é uma das muitas iniciativas disseminadas hoje em dia, que culminou no livro “*CS Unplugged: an enrichment and extension programme for primary-aged students*” (BELL et al., 2009). O livro traz uma série de situações

que repassam conceitos de Ciência da Computação de forma lúdica. Também usa o conceito do “aprender fazendo”, da cultura *maker*, onde muitas das atividades podem ser montadas usando papel, isopor, cola, tesoura etc, com maquetes e diferentes artefatos. É interessante salientar que em muitas das atividades propostas aos “brincantes” o próprio corpo e seus movimentos fazem parte da dinâmica empregada, proporcionando espaços de construção colaborativa. O livro apresenta propostas de se trabalhar números binários, algoritmos de busca, métodos de ordenação, dentre outros. As atividades podem ser executadas em qualquer nível escolar, com a devida adequação. Existem uma série de jogos lógicos, de tabuleiro ou não, desenvolvidos ao longo do tempo, como o jogo de xadrez, de gamão, da torre de Hanoi, jenga etc, em que é possível encontrar conceitos claros de fundamentos de computação. Logo, estes jogos também podem ser usados para processos de aprendizagem de fundamentos da computação, desde que seja traçada uma estratégia adequada.

Outra forma divertida de enxergar a computação é através da localização de seus conceitos em obras reconhecidamente de entretenimento, como os contos de fadas, fábulas e livros como os da série de Harry Potter. Erwin (2017) conseguiu embutir a essência de CS, problemas, conceitos e técnicas, em seu livro *“Once Upon an Algorithm: How Stories Explain Computing”*. O livro apresenta uma abordagem que vai além da programação de computadores digitais, possuindo uma abordagem de CS voltada para a resolução de problemas. A história nos leva reconhecer os algoritmos envolvidos na execução de nossas tarefas diárias, bem como as estruturas de dados que permitiram ao Sherlock Holmes solucionar os casos nos quais trabalhou, e até mesmo a forte capacidade de abstração presente nos enredos de Harry Potter. No livro o autor discute até mesmo a intratabilidade computacional de certos problemas, ou seja, o fato de que existem certos tipos de problemas que o computador não pode resolver. Sem dúvida tal livro aborda estes conceitos avançados de forma lúdica, interessante e nem por isto menos eficiente. Um outro exemplo, *“Lauren Ipsum: A Story About Computer Science and Other Improbable Things”* (BUENO, 2014) é um daqueles livros que nos prende do começo ao fim, sendo uma mistura das receitas de “Alice no País das Maravilhas” com “O Mundo de Sofia”. A obra de Bueno é um livro de aventuras que apresenta

conceitos e personagens da computação de maneira muito peculiar. O livro marra a jornada de Lauren, uma garotinha que se perdeu em um mundo paralelo chamado “Usuariolândia” e quer voltar para casa. E, nesta viagem ela encontra diversos personagens, como o Caixeiro Viajante em busca de Hamilton (em alusão ao ciclo hamiltoniano em grafos e o *Traveling Salesman Problem*), encontra o *Tollens* e o *Ponens* (em alusão aos métodos de prova formal por afirmação e negação) etc, além de uma loja que vende algoritmos e uma série de outras aventuras pelo universo da computação.

E sobre os contos (de fadas, fábulas, góticos etc), um gênero literário geralmente curto, com um único enredo, poucos personagens, atemporais e com uma moral da história no final, fazem parte de nossa infância de forma marcante, nos deixando ensinamentos para a vida toda. Então, por que não usarmos contos repassando em suas narrativas conceitos computacionais? Os contos de ficção científica de Isaac Asimov são um tipo mais geral, mas contos com conceitos computacionais específicos foi proposto pelo professor do MIT Jeremy Kubica, autor do livro “*Computational Fairy Tales*” (KUBICA, 2012), e que tem sido explorado pela autora deste capítulo e seus alunos, como no conto computacional apresentado abaixo, uma releitura do conto “Chapeuzinho vermelho e o lobo mal”, agora intitulado “Tecladinho vermelho e o site do mal”, onde uma menina tenta ajudar a sua avó antenada a fazer compras pela Internet, quando percebe o golpe em um falso site de compras, aciona o delegado de crimes virtuais (o ‘caçador’ moderno) que prende o empresário malfeitor, o MAUrício (quadro a seguir). Este é um dos mais de 50 contos computacionais elaborados por alunos de graduação de Computação e usados em oficinas e dinâmicas envolvendo jogos teatrais ou criação de histórias animadas, programadas e interativas, usando as ferramentas Scratch (2019) e Twine (2019) (DE FREITAS, 2019).

## CONTO COMPUTACIONAL “A Tecladinho Vermelho e o Site do Mal”

Era uma vez uma menina que queria muito ter um computador e, então, sua mãe comprou um pequeno *notebook* com teclados vermelhos, e a menina passou a levar o *notebook* para onde quer que fosse. Devido a atenção que seu teclado vermelho chamava, a menina passou a ser conhecida como a **“Tecladinho Vermelho”**. Além da mãe, Tecladinho Vermelho não tinha nenhum parente a não ser sua avó, uma simpática velhinha que adorava aprender novidades tecnológicas. Morava em uma casinha afastada da cidade e a mãe de Tecladinho, então, sempre ia aos mercados da cidade procurar produtos para sua mãe, a avó de tecladinho. Um belo dia, a mãe da menina cansada e sem ânimo para ir ao mercado, chamou a sua filha e disse:

— Tecladinho Vermelho, você poderia ir ao mercado procurar produtos novos para sua avó?

— Poxa, sério mãe?! — reclamou com rebeldia a menina — argrrr!.... está bem!

Porém, como Tecladinho não queria ir até o mercado, pensou em como resolver este problema e, então, lembrou-se que sua avó tinha um computador com acesso à Internet, que usava para comunicar-se com ela e sua mãe algumas vezes.

— Já sei! — exclamou a garota — Vou procurar os produtos online e mandarei o link para a vovozinha, assim ela poderá escolher o produto que mais lhe agradar e eu não terei que ir até o mercado procurar.

Então, Tecladinho abriu o seu *notebook* e pesquisou pelos produtos na Internet. Checou alguns sites, mas não achou nenhum que a agradasse. Então passeando entre as páginas da Internet ela viu um anúncio que chama a atenção dela.

“Venha comprar os melhores produtos pelos menores preços” — **Lobão mercado & loja**

Naturalmente ela clicou no anúncio e foi redirecionada para o site “[www.lobao-mercadoeloja.com](http://www.lobao-mercadoeloja.com)”. Para avaliá-lo, ela então entrou no site, um site cinzento com pequenos botões amarelos no canto superior direito com a logo de um simpático lobo e viu que havia uma variedade de produtos e com preços bem baixos. Animada com o site, ela resolveu mandar o link do site para sua avó. Quando a mensagem chegou até sua avó, ela então respondeu:

— “O que é isto, minha filha?” — perguntou a **vovozinha**.

— “É um site que a senhora pode comprar os produtos que a senhora gostar, vovozinha”, disse a menina. “A senhora só precisa escolher um produto e clicar em ‘comprar’ e preencher os campos com seus dados bancários.”

— “Tudo bem, minha filha”, respondeu a vovozinha. “Mas peço que você depois verifique meus dados para ver se fiz tudo direitinho. Como você sabe, eu não sou muito boa com essas tecnologias de hoje.”

Passada algumas horas depois de Tecladinho mandar o link para a sua avó, sua mãe pergunta:

— “Você foi ao mercado como lhe mandei, Tecladinho?”

— “Não mãe! Eu fiz tudo pelo Internet usando meu *notebook*, achei um ótimo site e o mostrei para a vovó”, respondeu Tecladinho.

— “Mas, você sabe que sua avó não sabe lidar com a Internet muito bem”, disse a mãe,

— “Sim mãe, eu sei”, disse impacientemente a menina. “Por isto mesmo que eu vou verificar se ela fez tudo certo como lhe disse.”

— “Então é melhor ir logo”, retrucou a mãe de Tecladinho.



— “Tá, tá... já vou”, respondeu a menina.

Tecladinho, então, entra em seu email e abre uma mensagem que sua avó mandou com os dados do cadastro no site. Ela acessa o site, vê que não havia nenhum pedido a ser entregue e logo sentiu-se intrigada, pois na mensagem de sua avó estava escrito que ela havia pedido alguns produtos do site.

Já desconfiada, Tecladinho resolve ir até os produtos pedidos por sua avó e clicar em ‘comprar’, e então, o navegador abriu outra aba, o que Tecladinho achou estranho. A nova aba mostrava um site com a URL (endereço da Internet) “[www.LOBaOMercAdoeLoja.com](http://www.LOBaOMercAdoeLoja.com)”, um site ainda cinzento, porém, com botões vermelhos e bem diferentes do que ela havia visto, mesmo o site tendo sido visitado por ela da primeira vez. Neste momento ela olha para a URL para verificar se estava mesmo no site que deveria estar, e percebe que a URL está alterada com as letras L, O, B, O, M, A e L em maiúsculo, e ela já ouvira falar de uma técnica de roubar dados bancários através de sites de vendas falsos, chamada de *Phishing*<sup>1</sup>.

Tecladinho, percebendo o golpe, vai até uma delegacia especializada em crimes virtuais e denuncia o site “[www.lobaomercadoeloa.com](http://www.lobaomercadoeloa.com)”. A polícia, então, investiga e consegue localizar e prender o dono da loja, o **MAURÍCIO**, mais conhecido como Lobão (o responsável pelo golpe). A vovozinha recupera seu dinheiro e tanto a Tecladinho quanto a vovozinha aprendem a lição.

**MORAL DA HISTÓRIA:** devemos ter cuidado ao clicar em links na Internet e devemos verificar melhor os sites antes de efetuar qualquer compra pela Internet.



### Você Sabia?

A criação de obras artísticas geradas automaticamente por computador (composição musical, pinturas, poesias, contos e textos mais complexos, dentre outras) tem evoluído com o uso de técnicas de IA e aprendizagem profunda, transformando os cientistas da computação em artistas da cultura digital. A expressão computacional também tem acontecido de forma inversa: sem o uso do computador mas disseminando conceitos computacionais e tecnologias. E de forma muito criativa e lúdica, principalmente através da elaboração de textos de gêneros diversos: romances, poesias e contos.

Os contos computacionais, de texto curto, atemporal, com um enredo só e uma moral da história, possibilidade fazermos releituras de contos clássicos ou lendas e mitos, para disseminarmos o pensamento computacional e a cultura *maker*.

## 20.7 Considerações finais

Neste capítulo, foi dada uma visão geral sobre o entretenimento digital, desde o processo de produção de Jogos Digitais, até as mais diversas formas de Entretenimento e Expressão Digital. Indicamos como funciona e pode ser projetada uma *game engine*, qual o estado da arte e as possibilidades futuras para esta indústria de jogos e entretenimento digital.

<sup>1</sup> *Phishing* é uma técnica de fraude online, utilizada por criminosos no mundo da informática, para roubar senhas de banco e demais informações pessoais.

Também, apresentamos o mundo da computação e colaboração coletiva e a realização de efeitos visuais e sonoros complexos usando dispositivos móveis, tangíveis e vestíveis para o entretenimento. Bem como formas diversas de se expressar usando tecnologias digitais para gerar automaticamente material cultural rico e diversificado, como criar obras de arte, compor e editar músicas, produzir filmes, gerar textos de gêneros complexos etc. No sentido inverso, mostramos como disseminar conceitos, tecnologias e estimular o desenvolvimento do pensamento computacional, através de formas interessantes de se expressar textualmente, como escrever contos, poesias, músicas etc.

Este capítulo foi um convite à criatividade computacional, com e sem o uso do computador, para o estímulo ao aprendizado como forma de entretenimento! Esperamos que tenham se divertido e que continuem, com as atividades propostas ao final e indo além. Bom entretenimento digital!

## 20.8 Atividades sugeridas

1. Muitos game designers iniciam o processo de elaboração conceitual de um jogo através de um projeto de jogo de tabuleiro. Os jogos de tabuleiros são formados essencialmente por regras e desafios, permitindo que o desenvolvedor possa focar-se na parte mais importante do jogo, que é a mecânica. Elabore um Documento de *Game Design* para algum jogo de tabuleiro bem conhecido por você. Na sequência, procure projetar um jogo digital que se baseie neste jogo de tabuleiro, podendo modificar aspectos de sua jogabilidade, porém não a mecânica ou sequência de regras principal.
2. Foram apresentados no texto as causas do *Cybersickness* para jogos de realidade virtual. Existem na literatura uma série de regras e dicas para design destes jogos que procuram minimizar estes efeitos. Pesquise e descreva algumas destas estratégias.
3. O processo de gamificação consiste em levar conceitos de game design para o uso de sistemas e atividades que não são jogos. Faça o projeto de uma gamificação de algum sistema ou processo que você conheça.

4. *Postmortems* são documentos que descrevem todo o ciclo de vida da produção de um jogo, iniciando na sua concepção conceitual e indo até o seu lançamento no mercado e muitas vezes até o término de sua distribuição. Estes documentos e relatos são valiosos para os desenvolvedores, pois compartilham experiências e práticas que podem ser imitadas ou evitadas. Pesquise e leia *Postmortems* de jogos, procurando destacar nos mesmos os pontos positivos e negativos do ciclo de vida de um jogo.
5. Faça uma dinâmica em sala de aula usando um app demo para efeitos visuais e sonoros coletivos ([funtechshow.com](http://funtechshow.com)), podendo simular um show musical. Estabeleça uma estratégia de interação e avalie se houve colaboração. Discuta sobre aplicações e como deixar o processo mais imersivo.
6. Faça uma dinâmica em sala de aula envolvendo a leitura de contos computacionais da literatura (Kubica, 2012), (de Freitas, 2019). Divida os alunos em equipes, repasse os textos e promova uma discussão sobre os conceitos e história, bem como se mudariam a história ou teriam ideias similares a dos contos lidos. Complementarmente:
  - a. Os contos computacionais podem ser apresentados pelos alunos em uma leitura declamada ou mesmo na forma de um jogo teatral, onde cada equipe faça uma esquete sobre o conto lido (definindo papéis e até mesmo construindo cenário e caracterizações dos personagens).
  - b. Os contos computacionais podem ser animados: (i) ferramentas como o Scratch (2019) podem ser usadas, com galeria de imagens alimentada com elementos dos contos, de forma a reproduzirem o conto no computador, trabalhando conceitos de programação; (ii) uma história programada e interativa com múltiplos caminhos de aprendizagem também pode ser construída usando, por exemplo, o Twine (2019).
  - c. Além de utilizar os contos computacionais prontos, uma atividade que envolva a elaboração de textos de gêneros diversos, principalmente contos, poesias ou mesmo músicas, para repassar conceitos computacionais, é uma excelente estratégia, trabalhando a criatividade, habilidade de escrita e construção autoral.

## Referências bibliográficas

Amazonas, M. Composição musical colaborativa baseada em espacialização sonora em tempo real Dissertação de Mestrado: PPGI – Universidade Federal do Amazonas, 2017.

Art Ignition. *The Definitive Guide to the Golden Ratio In Art*. Disponível em: <https://artignition.com/golden-ratio-in-art>. Acesso em: março 2019.

Bell, T., Alexander, J., Freeman, I., & Grimley, M. *Computer science unplugged: School students doing real computing without computers*. The New Zealand Journal of Applied Computing and Information Technology, 13(1), 20-29, 2009.

Bergen, G. *Collision Detection in Interactive 3D Environments*. Morgan Kaufmann Series in Interactive 3D Technology. Morgan Kaufmann. October 2003

Bueno, C. *Lauren Ipsum: A Story About Computer Science and Other Improbable Things*. No Starch Press, 2014.

Crawford, C. *Chris Crawford on Game Design*. New Riders Publishers, 2004.

Eberly D. *Game Physics*. Interactive 3d Technology Series. Morgan Kaufmann; Bk&CD-Rom edition. December, 2003.

Eberly D. *3D Game Engine Design: A Practical Approach to Real-Time Computer Graphics*. Morgan Kaufmann, September, 2000.

Erwig, M. *Once Upon an Algorithm: How Stories Explain Computing*. MIT Press, 2017.

Eve, M. *The Great Automatic Grammatizator: writing,labour,computers*. Critical Quarterly, 59(3), 39-54, 2017.

de Freitas, R. Compêndio de Contos Computacionais. Material gerado na disciplina Metodologia Científica em Ciência da Computação 2017-2019. Instituto de Computação da Universidade Federal do Amazonas. Disponível em: <http://contoscomputacionais.icomp.ufam.edu.br>. Acesso em: março de 2019.

Fuchs P. *Virtual Reality Headsets*. CRC Press Taylor & Francis Group, 2017.

FunTechShow. Tecnologias para efeitos visuais e sonoros em grandes públicos de shows e espetáculos culturais. Disponível em: <http://fun-techshow.com>. Acesso em: março de 2019.

Gadelha, B., de Freitas, R., Castro, T., Cardoso, E., Fuks, H. Colaboração e Interação em Contextos Não Convencionais: aplicações e instalações artísticas e de entretenimento. Fórum de Integração e Discussão sobre Interação Humano-Computador e Sistemas Colaborativos (FID IHC-SC). Porto Alegre: SBC, 2018.

Kohwalter, TroyCosta, Figueira, F., Serdeiro, E., Silva Jr, Jose Ricardo, Murta, L., Clua, E.. *Understanding game sessions through provenance*. Entertainment Computing. Volume 27, August 2018, Pages 110-127

Kubica, J. *Computational Fairy Tales*. MIT Press, 2012. Disponível em: <http://computationaltales.blogspot.com/>. Acesso em: março de 2019.

McFarland, M. (Producer). *Google's psychedelic 'paint brush' raises the oldest question in art*. Retrieved from <https://www.washingtonpost.com/news/innovations/wp/2016/03/10/googles-psychadelic-paint-brush-raises-the-oldest-question-in-art>, 2016.

Milgram, P., Colquhoun, H. *A taxonomy of real and virtual world display integration*. 10.1007/978-3-642-87512-0\_1 p.1-26. 1999.

Mishra, P., Henriksen, D. *Creativity, Technology & Education: Exploring Convergence*. Springer, 2018.

Nicholas, G. (Producer). (2017, 09/08/2018). *These Stunning A.I. Tools Are About to Change the Art World*. *Slate*. Retrieved from [http://www.slate.com/articles/technology/future\\_tense/2017/12/a\\_i\\_neural\\_photo\\_and\\_image\\_style\\_transfer\\_will\\_change\\_the\\_art\\_world.html](http://www.slate.com/articles/technology/future_tense/2017/12/a_i_neural_photo_and_image_style_transfer_will_change_the_art_world.html)

NVIDIA. Disponível em: <https://www.nvidia.com/en-us/shield/>. Acesso em: março de 2019.

Porcino, T., Clua, Esteban; Trevisan, D.; Vasconcelos, C., Valente, L. *Minimizing cyber sickness in head mounted display systems: Design guidelines and applications*. In IEEE 5th International Conference on Serious Games and Applications for Health (SeGAH), April 2017.

Roggla, T., Wand, C., Romero, L., Jansen, J., Cesar, P. *Tangible Air: An Interactive Installation for Visualising Audience Engagement*. In Procee-

dings of the 2017 ACM SIGCHI Conference on Creativity and Cognition (C&C '17). 263–265, 2017.

Sanchez-Vives, M., Slater, M. *From presence to consciousness through virtual reality*. Nature Reviews Neuroscience, 6(4), pp.332–339, 2005.

Schuemie, M., van der Straaten, P., Krijn, M. and van der Mast, C. *Research on Presence in Virtual Reality: A Survey*. CyberPsychology & Behavior, 4(2), pp.183–201, 2001.

Scratch. *A free programming language and online community to create your own interactive stories, games, and animations*. MIT Disponível em: <https://scratch.mit.edu>. Acesso em março de 2019.

Still, G. *Crowd Dynamics*. Ph.D. Dissertation. University of Warwick, Coventry, UK, 2002.

Stork, D. *HAL's Legacy: 2001's Computer as Dream and Reality*. MIT Press, 1997.

Twine. *An open-source tool for telling interactive, nonlinear stories*. Disponível em: <https://twinery.org/>. Acesso em março de 2019.

Valente, L., Feijó, B., Leite, J. *Mapping quality requirements for pervasive mobile games*. Requirements Engineering, vol. 22, issue 1, p.137-165, March 2017.

Vasconcelos, V., Amazonas, M., de Freitas, R., Castro, T., Fuks, H., Vega, K., Gadelha, B. *Redefining Audience Role in Live Performances*. In Proceedings of the 21st International Conference on Human-Computer Interaction. Florida, US. July 2019.

Vasconcelos, V., de Freitas, R., Castro, T., Gadelha, B., Amazonas, M. Watch or Immerse? Redefining Your Role in Big Shows. In Proceedings of the 17th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems. ACM DL. Belém-PA. October, 2018.

Webb, A., Wang, C., Kerne, A., Cesar, P. *Distributed Liveness: Understanding How New Technologies Transform Performance Experiences*. In Proceedings of the 19th ACM Conference on Computer-Supported Cooperative Work & Social Computing (CSCW 16). 432–437, 2017.

Zerbst, S., Düvel, O. *3D Game Engine Programming*. Thomson Course Technology, Premier press, 2004.

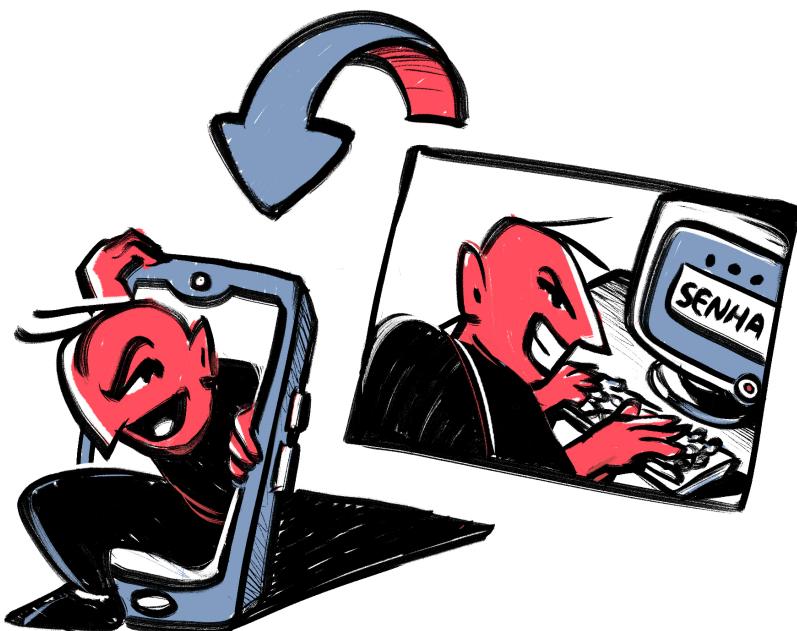


## 20.8 Agradecimentos

Neste capítulo foi também utilizado material gerado nos grupos de pesquisa dos autores. Na parte de jogos digitais, agradecemos ao grupo do UFF MediaLab. Na parte de computação coletiva e colaborativa, agradecemos ao grupo FunTechShow/ALGOX, com especial contribuição do prof. Bruno Gadelha (IComp/UFAM). Na parte de expressões digitais, ao grupo ALGOX com especial contribuição da profa. Fernanda Pires (PPGI/IComp/UFAM e LabTed-EST/UEA).

# 21. Crimes digitais

Gilberto Sudre  
Gustavo Martinelli  
Walter Capanema



Após a leitura desse capítulo, você deverá ser capaz de:

- Identificar e tipificar os Crimes digitais ou Cibercrimes;
- Compreender o conceito de Cibercrimes;
- Compreender como ocorrem as investigações sobre Cibercrimes;
- Identificar as hipóteses de competência judicial para processar e julgar os Cibercrimes;
- Entender os tipos, a coleta, a análise e o exame das evidências digitais;
- Compreender as diferenças das evidências de um crime digital e um crime convencional;
- Compreender a importância da Cadeia de Custódia das evidências digitais;

- Entender o uso dos algoritmos de HASH na investigação dos crimes digitais;
- Conhecer os elementos principais de um laudo pericial;
- Conhecer as ferramentas de software utilizadas em uma análise pericial;
- Conhecer os erros mais comuns nos procedimentos periciais de um crime digital.

## 21.1 Introdução

Inicialmente, quando os computadores foram criados, não se objetivava que todos o possuíssem, principalmente, em sua versão pessoal, do inglês, *personal computer*. Mas, com o tempo e com a sua evolução, atualmente, muitas famílias possuem mais de um computador em suas casas.

Isso se deve ao fato de que as pessoas perceberam os ganhos que o computador trouxe, fazendo com que esse conceito fosse expandido, falando-se agora em tecnologia.

A tecnologia foi se amplificando, perpassando os inúmeros ramos de vida cotidiana. A telefonia celular é um grande exemplo disso. Immediatamente, a humanidade foi da era do telefone fixo, em que se devia estar perto do aparelho que responderia a determinado número, para o telefone portátil, que, apesar de seus tamanhos, trazia a possibilidade de locomoção com a garantia de comunicação.

O poder da tecnologia aumentou com a chegada da Internet, essa Grande Rede de computadores interligados que permite a comunicação ininterrupta entre os indivíduos de todo o planeta. Chegava o Ciberespaço.

Assim, a necessidade de se ter um computador mais próximo e acessível fez com que surgissem os *smartphones*, ou telefones inteligentes, em tradução livre, que são uma versão melhorada dos telefones celulares. Não menos importante, salienta-se que os *tablets* são verdadeiros computadores de mão, também conhecidos como computadores de bolso, pois, inclusive, seguem a arquitetura de von Neumann<sup>1</sup>.

---

<sup>1</sup> John von Neumann foi responsável por idealizar e propor uma arquitetura de máquina que possibilitou a criação dos computadores (CRISTO, PREUSS e FRANCISCATTO, 2013).

Os *smartphones* e os *tablets* são capazes de feitos que tornam o computador convencional desinteressante, pois estão sempre ligados e prontos para serem utilizados. Já os computadores, precisam sempre serem ligados e inicializados até estarem pronto para o uso.

Com toda essa capacidade, não demorou para que também televisões, geladeiras, micro-ondas e outros utensílios domésticos fizessem parte da Grande Rede. É a chamada Internet das Coisas, ou *Internet of Things*, do inglês.

Mas toda essa tecnologia também trouxe um ponto que é motivo de muita atenção, os crimes cometidos através da Internet, com ou sem o uso desses dispositivos, também chamados de cibercrimes, crimes virtuais, crimes informáticos, crimes digitais, dentre outros. Grandes autores ainda tentam classificar essas condutas. De todo modo, para este capítulo, será utilizado o termo cibercrime para se referir às condutas criminosas cometidas no ciberespaço. Diante disso, inúmeros países não puderam ficar alheios e tiveram que olhar com mais cuidado para esse novo mundo.

Assim, mesmo possuindo leis que se aplicassem ao Mundo Virtual, foi necessário criar outras normas jurídicas no intuito de propiciar que o Estado, notadamente, a Polícia, pudesse realizar investigações para identificar os autores das diversas condutas delituosas, permitindo que fossem levados a julgamento, seja para cumprirem uma pena, seja para repararem um dano.

Portanto, na proposta deste capítulo, são trazidos e analisados, primeiramente, o conceito de cibercrime, diferenciando-o dos demais. Em seguida, a forma como ocorrem as investigações sobre cibercrimes é tratada, para que, posteriormente, a competência na apuração dos cibercrimes seja ensinada. Finalmente, a produção de provas, principalmente, através da perícia forense é abordada.

Espera-se que ao final deste capítulo, seja possível: diferenciar o que vem a ser um cibercrime, e compreender como ocorrem as investigações e como elas são processadas e julgadas, sem deixar de explicar como uma prova válida é produzida.

## 21.2 Conceitos de Cibercrimes

Antes de estudar os cibercrimes, é fundamental compreender o que é um **crime**.

Os crimes são condutas lesivas, que atacam bens fundamentais da sociedade, como a vida, a saúde, o sigilo das comunicações a liberdade sexual, dentre outros.

A análise dos bens fundamentais que deverão ser protegidos dependerá dos valores sociais da sociedade, que se modificam de acordo com o tempo. No passado, havia uma preocupação com os crimes contra a moralidade, como o adultério, por exemplo. Com o progresso da tecnologia, surgiu a preocupação se proteger as informações.

Para tanto, o legislador estabelece uma lei, definindo de forma minuciosa a conduta proibida e estabelecendo a sanção penal respectiva.

É importante que essa definição seja realmente muito detalhada, para que a sociedade em geral saiba qual é a atividade que não será permitida. Essa exigência é uma salvaguarda para os cidadãos. Evitam-se as leis “abertas”, que permitem diversas interpretações.

A lei penal deve ser clara, objetiva e direta, afinal, coloca em jogo a reputação e a liberdade do réu, o que se verifica nesta transcrição do crime de homicídio (art. 121 do Código Penal):

Art. 121. Matar alguém:  
Pena - reclusão, de seis a vinte anos.

É preciso, ainda, que exista uma relação de proporcionalidade entre a conduta proibida e a sanção penal. Com isso, os crimes mais graves deverão ter penas maiores.

E, embora se esteja falando em prática, não significa que os crimes se realizam apenas por ações. É possível, também, que ocorram de forma omissiva, como, por exemplo, o crime de omissão de socorro, previsto no art. 135 do Código Penal.

Os crimes praticados por ações são chamados de **comissivos** e, os por omissão, **omissivos**.

E, como se adiantou, o crime é estabelecido por uma lei, que deve ser **federal**, ou seja, proveniente do Congresso Nacional. Um município, por exemplo, não poderia editar uma lei com conteúdo penal. Essa lei,

caso editada, seria declarada inconstitucional pelo Poder Judiciário, com a perda dos seus efeitos.

Uma vez em vigor (em atividade) essa lei penal, será aplicada a partir de então. Não poderá retroagir, ou seja, ser aplicada para condutas praticadas antes de sua vigência, salvo, contudo, se for beneficiar o réu. Imagine que a pena de um determinado crime é de 2 a 4 anos de prisão. Uma pessoa foi julgada e condenada por esse crime. Posteriormente, surgiu uma lei que reduz essa pena para 1 a 2 anos. Esse réu terá direito de gozar os benefícios da **lei posterior mais benéfica**.

Grande parte das leis penais brasileiras está compilada no chamado “Código Penal”, que é o Decreto-Lei nº 2.848/1940. Há, todavia, outras normas com conteúdo penal, tais como a Lei 9.296/96 (Lei da Interceptação Telefônica e de Dados), a Lei 8.137/90 (Crimes contra a Ordem Tributária, Econômica e contra as Relações de Consumo) e a Lei 12.850/2013 (Lei das Organizações Criminosas).



#### **"A senha: swordfish" (2001)**

Um hacker condenado passa a colaborar com um misterioso grupo antiterrorista.

O mais perigoso espião do planeta tem por missão coagir um hacker que recentemente saiu da prisão a auxiliar no roubo de US\$ 9,5 bilhões de dólares em fundos governamentais. Há um mundo oculto por baixo daquilo que chamamos de ciberespaço, que é protegido por firewalls, senhas e os mais avançados sistemas de segurança. Neste mundo estão escondidos os maiores segredos, as informações mais incriminadoras e, obviamente, muito dinheiro.

Quando da sua edição, havia muitos crimes ligados à moral e aos bons costumes, como, por exemplo, o adultério, que só foi deixar de ser um delito em 2005.

E, embora os computadores pessoais existam no Brasil desde a década de 80, a primeira atualização do Código Penal para se adequar a esse novo tempo foi no ano de 2000, que trouxe os crimes de inserção de dados falsos em sistemas de informação (art. 313-A) e o de modificação ou alteração não autorizada de sistemas de informação (art. 313-B).

### Curiosidade



A Política Nacional de Informática - PNI, criada pela Lei 7.232/84, estabeleceu uma reserva de mercado para computadores por 8 anos, com o objetivo de desenvolver a indústria brasileira.

Na verdade, a PNI não trouxe qualquer vantagem para os consumidores, que tinham à sua disposição produtos defasados em relação ao mercado internacional, com preços muito superiores.

Contudo, o grande “patch legal” foi a denominada “Lei Carolina Dieckmann” (Lei 12.737/2012), que recebeu este título tendo em vista o vazamento de fotos íntimas dessa famosa atriz. A lei trouxe o crime de “invasão de dispositivo informático” (art. 154-A, Código Penal).

Aliás, a redação do supracitado crime é por demais complexa, especialmente quando se compara com o crime de homicídio. A norma apresenta diversas palavras e expressões próprias da segurança da informação, que foram grifadas abaixo:

*Art. 154-A. Invadir **dispositivo informático** alheio, conectado ou não à **rede de computadores**, mediante violação indevida de mecanismo de segurança e com o fim de obter, adulterar ou destruir **dados ou informações** sem autorização expressa ou tácita do titular do dispositivo ou instalar vulnerabilidades para obter vantagem ilícita:*

*Pena - detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, e multa.*

Uma vez compreendido o que é o crime, passa-se a analisar o cibercrime. O cibercrime é a prática de crimes relacionados à tecnologia, não necessariamente à internet, e que os computadores e os sistemas de informação são utilizados:

a. como meio de execução de crimes: são os chamados cibercrimes impróprios. É o caso, por exemplo, de alguém que utiliza as redes sociais para caluniar alguém.

O crime de calúnia (art. 138, Código Penal) pode ser realizado de várias maneiras, como por carta ou pessoalmente, por exemplo. A tecnologia poderá ser, eventualmente, um instrumento para a prática desse delito. O ***ransomware***, que consiste no envio de um malware que criptografa todos os dados da vítima, condicionando a sua liberação ao pagamento de um “resgate”, configura o crime de extorsão, previsto no art. 158 do Código Penal.

b. como objeto da prática de crimes: são os chamados cibercrimes próprios. No já citado crime de invasão de dispositivo informático, são protegidas as informações e os segredos contidos nesses aparelhos, acessados sem autorização expressa ou tácita de seus legítimos titulares.

Essa distinção é muito importante. Normalmente, quando o computador é utilizado apenas como meio de execução, não há a necessidade de uma alteração legislativa para tanto.

Um exemplo ajudará a compreender melhor essa afirmação. Noticiou-se em 2017 o “Desafio da Baleia Azul”, que consistia numa brincadeira macabra, e de péssimo gosto, praticada por meio das redes sociais em que, em sua última “fase”, estimulava o desafiante a praticar o suicídio.

A conduta de se instigar alguém ao suicídio já está prevista no Código Penal, em seu art. 122:

*Induzimento, instigação ou auxílio a suicídio*

*Art. 122 - Induzir ou instigar alguém a suicidar-se ou prestar-lhe auxílio para que o faça:*

*Pena - reclusão, de dois a seis anos, se o suicídio se consuma; ou reclusão, de um a três anos, se da tentativa de suicídio resulta lesão corporal de natureza grave.*

Por causa da repercussão nacional provada por esse desafio, um deputado propôs o “Projeto de Lei da Baleia Azul”, para prever o crime de induzimento ao suicídio por meios informáticos ou eletrônicos”.

Não há necessidade dessa nova lei. O crime do art. 122 do Código Penal, assim como o crime de calúnia, pode ser praticado de diversas formas.

Ainda sobre os cibercrimes, devem ser mencionadas as seguintes características:

1. **não exigem necessariamente grande conhecimento técnico:** os cibercrimes, embora estejam relacionados à tecnologia, não necessitam por parte dos criminosos grandes conhecimentos técnicos. Muitas vezes, os criminosos se utilizam de programas de ataque já prontos, ou contratam terceiros que possuam esse conhecimento. Os jovens que utilizam esses programas prontos para seus ataques são considerados, de forma pouco lisonjeira “*script kiddies*”.
2. **não respeitam limites geográficos:** como grande parte dos cibercrimes ocorre na internet, não há a limitação imposta pela geografia. Com isso, é possível que um criminoso residente na Rússia invada um servidor localizado nos EUA, apagando dados de um usuário brasileiro.

Em 2017, por exemplo, houve um grande ataque de *ransomware* em servidores de órgãos públicos de todo o Brasil, originado supostamente da China.

Assim, são importante iniciativas como a Convenção de Budapeste, um tratado internacional de 2001, firmado pelo Conselho da Europa, que permite o compartilhamento de informações e provas para a investigação e o processo de cibercrimes.

3. **proteção da identidade:** os cibercriminosos, especialmente os com maior conhecimento técnico, geralmente adotam medidas para ocultar a sua identidade e os seus rastros na Internet, seja mascarando o número IP utilizado, seja apagando as “impressões digitais” de uma invasão. Buscarão, assim, a garantia do anonimato.

## 21.3 A Investigação dos Cibercrimes

É normal que os internautas, ou os usuários que utilizam a internet, sintam uma falsa sensação de anonimato. Falsa porque, como se verificará a diante, existe uma grande possibilidade de que um cibercriminoso seja encontrado na internet.



### Curiosidade

Sabia que a Constituição Federal de 1988 prevê, em seu art. 5º, inciso IV, que “é livre a manifestação do pensamento, sendo vedado o anonimato”.

Após verificar o que vem a ser um cibercrime, é preciso compreender como se pode chegar a autoria de um crime. Ou seja, como se pode chegar ao indivíduo que teve uma conduta comissiva ou omissiva, como já foi explicado.

Para isso, vários conceitos serão relembrados aqui, como o Endereço IP, a data, o horário e o fuso horário do sistema em que o cibercrime ocorreu.

Isso porque, o Brasil possui uma lei especialmente criada para que as informações necessárias a uma investigação possam ser solicitadas, que é a Lei 12.965/2014, também conhecida como Marco Civil da Internet – MCI.

É através dessa lei que as empresas devem manter os registros de conexão para futura requisição judicial, quando houver necessidade.

Para o estudo dessa seção, apenas alguns pontos do Marco Civil da Internet são tratados, mas, recomenda-se fortemente a leitura da Lei na íntegra. Assim, são abordados apenas os artigos que propiciam as investigações.

Dante disso, o Marco Civil da Internet introduziu a separação dos provedores entre Provedor de Aplicação de Internet e Provedor de Acesso à Internet. Ambos possuem funções e prazos distintos especificado no MCI.

Os Provedores de Aplicação de Internet possuem uma definição contida no art. 15 do MCI, mas, basicamente, são as empresas que se encontram na Internet provendo algum tipo de serviço, seja ele gratuito ou pago. Como exemplo, tem-se o Gmail (Google), o Facebook (Facebook), o Postcron (Postcron), dentre inúmeros outros.

Esses Provedores de Aplicação de Internet são responsáveis por manter os registros de acesso as aplicações de Internet pelo prazo de 06 (seis) meses. Por registro de acesso a aplicação de Internet entenda-se os registros que identificam que em determinada data e horário, determinado endereço IP realizou uma ação. Pela definição que consta do próprio Marco Civil em seu art. 5º, inciso VIII, são:

VIII - registros de acesso a aplicações de internet: o conjunto de informações referentes à data e hora de uso de uma determinada aplicação de internet a partir de um determinado endereço IP.

Entretanto, alguns Blogs ou Portais de Notícias podem ser equiparados a esses provedores e terem o MCI aplicados a eles.

Já os Provedores de Acesso à Internet são as empresas que conectam um usuário à Internet, como a Vivo, a Telemar, a Claro, dentre outros, e estão regulamentados no art. 13 do MCI.

Esses Provedores de Aplicação de Internet são responsáveis por manter os registros de conexão à Internet que determinado dispositivo computacional realizou pelo prazo de 01 (um) ano. Pela definição que consta do próprio Marco Civil em seu art. 5, inciso VI, são:

VI - registro de conexão<sup>2</sup>: o conjunto de informações referentes à data e hora de início e término de uma conexão à internet, sua duração e o endereço IP utilizado pelo terminal para o envio e recebimento de pacotes de dados;

Cumpre salientar que o Decreto 8.771/2016<sup>3</sup> prevê em seu art. 13, §2º, inciso II que os registros mencionados acima deverão ser excluídos após o prazo previsto em lei.

É a partir dessas informações que a Polícia consegue investigar a ocorrência de determinado crime, visando sempre, chegar ao seu autor.

---

2 Já existem alguns casos no Brasil em que as redes sem fio (WIFI), principalmente as abertas, ou seja, sem senha de acesso foram equiparadas aos Provedores de Conexão à Internet e tiveram os registros de conexão solicitados. Contudo, por não os possuírem, os proprietários das linhas telefônicas foram condenados judicialmente. (G1, 2016)

3 Link para o Decreto 8.771/2016: [http://www.planalto.gov.br/ccivil\\_03/\\_Ato2015-2018/2016/Decreto/D8771.htm](http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2015-2018/2016/Decreto/D8771.htm).

A seguir, é narrado um caso hipotético, que serve para demonstrar como as informações acima são utilizadas.

Manoel ofendeu Felipe no Facebook. Felipe então procurou a Delegacia de Repressão aos Crimes Eletrônicos – DRCE para registrar um Boletim de Ocorrência – BO, pois a ofensa configura crime de injúria, além de também poder gerar danos morais. Porém, Manoel fez tudo utilizando um perfil falso<sup>4</sup>.

O Delegado então, representará ao Juiz, o pedido para a quebra do sigilo das informações do registro de acesso do perfil que realizou a postagem ofensiva no dia e hora informados por Felipe. Por oportuno, salienta-se que a informação do Fuso Horário do sistema é fundamental para se chegar a correta autoria do crime, devendo essa informação ser requerida também.

Após o Provedor de Aplicação de Internet entregar os dados requeridos, é preciso verificar a qual Provedor de Acesso à Internet o endereço IP obtido pertence. Para isso, podem ser utilizados dois sites: o Registro.br<sup>5</sup>, para endereços IP brasileiros, e o Lacnic<sup>6</sup>, para endereços IP internacionais, ambos com o serviço de *whois*<sup>7</sup>.

De posse da informação sobre o Provedor de Acesso à Internet, o Delegado, novamente, deverá requerer ao Juiz pedindo a quebra do sigilo, agora, do registro de conexão à Internet do endereço IP que ofendeu Felipe.

Como resultado, serão obtidos os dados do proprietário titular, assinante do serviço de Internet pelo qual o acesso a Grande Rede se deu.

Por óbvio que nem sempre o assinante do serviço de Internet é quem será o agente que praticou o crime.

Para que essa dúvida seja sanada, entrará em ação a Perícia Forense. No entanto, agora, a Polícia já sabe onde estão os dispositivos computacionais que deverão ser investigados. Caso se precise de uma busca e apreensão dos equipamentos, o Delegado fará esse pedido ao Juiz.

---

<sup>4</sup> Por perfil falso, entenda-se um perfil que é criado como se de outra pessoa fosse. Inclusive, essa, suposta, pessoa, nem sequer pode existir com o nome ou outras características informadas.

<sup>5</sup> O link para acesso ao Registro.br é: <https://registro.br/>.

<sup>6</sup> O link para acesso ao Lacnic é: <https://www.lacnic.net/>.

<sup>7</sup> O termo whois vem do inglês e significa “quem é”.

Com a conclusão do trabalho dos Peritos, o Ofensor poderá ser identificado com mais certeza.

Duas são as consequências de não se encontrar, exatamente, o indivíduo que praticou a conduta criminosa. Para o Direito Penal, somente é possível punir quem praticou o crime. É o que se chama de Teoria da Causalidade Adeuada. Já para o Direito Civil, caso ninguém mais seja apontado como praticante do dano moral, o proprietário da linha telefônica é quem responderá pelas ofensas.

Caso o crime ocorra numa rede interna, a empresa responsável deverá ter condições de identificar determinado usuário que utilizou o computador ou o *smartphone* por meio do qual o crime foi praticado.

Alguns Estados, como o Espírito Santo, possuem leis específicas<sup>8</sup> para o fim de obrigar a lan houses, cyber cafés e outros estabelecimentos a guardarem essas informações. Algumas empresas enxergaram esse cenário como nicho de mercado e oferecem serviços de acesso à Internet, obrigando-se a fazer a captura e guarda desses dados.

De toda forma, o Marco Civil da Internet é omissivo quando o ponto é a tabela de endereços IPs da rede interna que acessaram a internet através do *Network Address Translation* – NAT ou Tradução do Endereço da Rede. Nesse ponto, o trabalho minucioso do Perito será essencial.

Outra grande dúvida que existe é se o crime for cometido fora do território brasileiro, o que poderá ser feito?

Antes de mais nada, destaca-se que o Brasil não é signatário da Convenção de Budapeste<sup>9</sup>, que prevê uma Cooperação Internacional para o combate ao cibercrime.

Contudo, existem países que cooperam com o Brasil através da Cooperação Internacional em Matéria Civil ou em Matéria Penal. Para isso, basta que a justiça acione o Ministério da Justiça para que ele requisite as informações sobre determinado endereço IP, como explicado acima. Do mesmo modo, será possível chegar a identificação da autoria do crime.

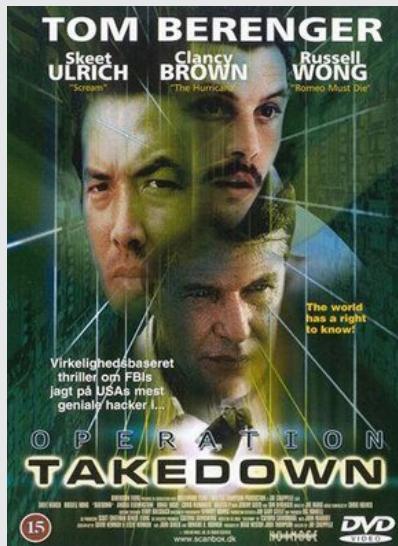
---

8 Link para a Lei 8.777/2007:  
<http://www3.al.es.gov.br/Arquivo/Documents/legislacao/html/LO8777.html>.

9 Link para o site oficial da Convenção de Budapeste:  
<https://www.coe.int/en/web/cybercrime/home>.

Mesmo que o infrator se utilize da *Deep Web*<sup>10</sup> ou Internet Profunda, caso o país possua o aparato necessário, será possível identificar o Agressor. Portanto, tem-se que as investigações que são realizadas pela Polícia possuem uma grande chance de êxito. Nesse mesmo sentido, reforça-se que é preciso investimento do Estado em concursos e em aparelhamento para os Peritos.

A seguir, será abordado o que a vítima poderá fazer após a Polícia ter identificado o criminoso.



### Cineclub: "Hackers 2 – Operação Takedown" (2000)

Esse filme conta a história do maior e mais famoso Hacker de seu tempo, Kevin Mitnick.

A trama se perfaz com Kevin cometendo inúmeros crimes e a polícia tentando localizá-lo.

A perseguição se torna tão eficiente, que até um furgão cheio de equipamentos tecnológicos é utilizado para tentar localizar Mitnick.

Esse filme mostra a importância do Estado possuir os meios necessários para a localização daqueles que violam leis e acabam por dar prejuízo para outras pessoas.

## 21.4 Competências na apuração dos cibercrimes

A pena não é atribuída automaticamente ao réu. Os sistemas legais democráticos condicionam a imposição da sanção à existência de um processo judicial com regras claras, em que o acusado toma conhecimento dos fatos que lhe são atribuídos e que tenha a oportunidade de ser ouvido e apresentar suas razões e provas.

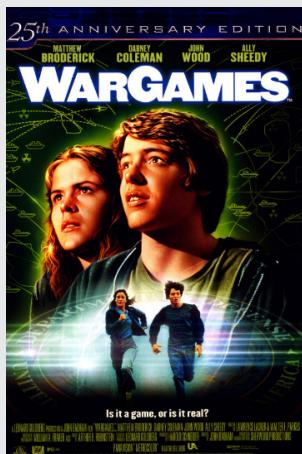
10 A Deep Web é uma rede que se localiza dentro da própria Internet. É considerada um ambiente hostil e de cometimento de crimes, como venda de armas e drogas. Muitos a utilizam na esperança de tentar esconder seu endereço IP, uma vez que, ao se conectar nela, esse endereço IP é alterado. Mas, como dito, há como identificá-lo.

A ausência de qualquer um dos elementos acima provocará a nulidade do processo, ou seja, a invalidade dos atos do processo, inclusive, se for o caso, da própria condenação. Portanto, como foi visto, a imposição de uma sanção penal dependerá de um processo, a ser promovido perante um juiz criminal.

Um dos mais importantes requisitos que deverá possuir o juiz é a **competência**.

O conceito comum de competência está vinculado à capacidade ou a aptidão para se fazer uma ação. Todavia, o significado para o Direito é totalmente diferente.

A **competência processual** é uma forma de se delimitar a divisão de atribuições entre os juízes, com regras definidas na Constituição Federal e, na esfera penal, no Código de Processo Penal (Decreto-Lei nº 3.689/1941).



### "Jogos de Guerra" (1983)

Um dos primeiros filmes a retratar um hacker no cinema. Um jovem hacker se conecta accidentalmente a um sistema de computadores de mísseis do governo americano, e acredita que está em um game online. O acidente provoca um estado de alerta, que pode acabar causando a Terceira Guerra Mundial.

Obedece a competência uma série de critérios, dentre eles, destacam-se:

- a. **tema:** ações penais são julgadas, em regra, nas Varas Criminais;
- b. **gravidade do crime:** os crimes de menor potencial ofensivo (que são aqueles com a pena máxima de até 2 anos) são julgados por Juizados Especiais Criminais;

- c. **de acordo com a função pública exercida pela pessoa:** as ações penais envolvendo deputados federais são julgadas pelo Supremo Tribunal Federal;
- d. **valor da causa:** as ações com um valor da causa de até 40 salários mínimos serão julgadas em Juizados Especiais Cíveis;
- e. **de acordo com a pessoa jurídica envolvida:** os crimes praticados contra a União são julgados em Varas Criminais Federais.

O critério que merece especial destaque diz respeito ao **território**. O Código de Processo Penal, em seu art. 70, determina duas hipóteses de competência territorial:

No caso dos crimes consumados, a competência territorial é determinada pelo local em que se consumou o crime, ou seja, no local em que se produziram os resultados criminosos.

Assim, se um criminoso localizado no Rio de Janeiro invadir um servidor localizado em São Paulo, com o fim de instalar uma vulnerabilidade, para descobrirmos qual será o juízo competente, deveremos levar em consideração:

- a. a gravidade do crime: o crime do art. 154-A do Código Penal é de menor potencial ofensivo, pois a sua pena máxima é de 1 ano;
- b. o tema: é de natureza penal;
- c. o território: o resultado criminoso, ou seja, a invasão, ocorreu em São Paulo.

Assim, o juízo competente para apreciar essa ação penal será um Juizado Especial Criminal do Município de São Paulo.

A segunda hipótese de competência territorial diz respeito aos crimes tentados, que são aqueles que, não são consumados por fatores estranhos à vontade do agente. Imagine, por exemplo, alguém que tenta arrombar a porta de uma casa, para praticar um crime de furto, mas ouve o latido de cachorro e abandona o local. Nessa hipótese, caso o criminoso seja descoberto e processado, a sua pena será do crime consumado, com a diminuição de 1 a 2 terços.

Nos crimes tentados, a competência será definida pelo lugar em que for praticado o último ato da execução. Existem decisões do Superior Tribunal de Justiça definindo a competência para crimes específicos:

**a. phishing scam:** o phishing constitui o crime de furto qualificado mediante fraude (art. 155, parágrafo 4º, inciso II, do Código Penal). Normalmente, é o caso de subtração de valores de conta corrente. O juízo competente será o do local da agência bancária da vítima;



#### Curiosidade

O ataque de *phishing scam*, se utiliza, em grande parte das vezes, de um programa *trojan* (cavalo-de-tróia), tem esse nome por causa da passagem do famoso livro “Ilíada”, de Homero, onde os gregos presenteiam os troianos com um cavalo de madeira, onde estavam escondidos soldados.

**b. ameaça perpetrada por redes sociais e aplicativos de mensagens:** o crime de ameaça (art. 147, Código Penal), quando praticado nessas situações, será julgado pelo juízo do local onde a vítima tomou conhecimento das intimidações.

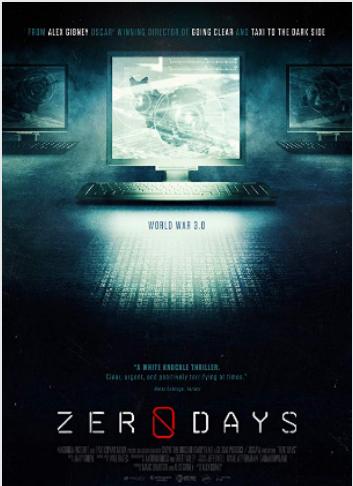


#### Mr Robot (2015 - )

Uma série de TV em que um especialista em segurança da informação se alia a um grupo de hacktivistas para enfrentar uma poderosa conspiração. Os ataques cracker exibidos na série são fidedignos, e a série já recebeu diversos prêmios. É exibida pela Record, Netflix e pela Amazon Prime no Brasil.

## 21.5 Produção de provas e a perícia forense

A investigação de um crime sempre é baseada em evidências e isto também acontece com os crimes digitais. A evidência digital é definida como qualquer tipo de dado digital que possa ajudar a demonstrar que uma fraude ou irregularidade foi cometida, ou que possa estabelecer um vínculo entre a fraude ou irregularidade e a vítima ou entre a vítima e o agente causador da fraude.



## Zer0Days (2016)



Zero Days é um documentário premiado que dedicou atenção especial à questão da guerra cibernética, com foco em um estudo de caso do ataque do Stuxnet. Ele fornece uma explicação por trás das cenas sobre a descoberta e o desenvolvimento do vírus, bem como sobre os desenvolvimentos políticos que fizeram com que ele saísse do controle.

Alex Gibney faz um bom trabalho explicando os aspectos técnicos do vírus de computador, bem como o contexto político que estimulou os Estados Unidos e Israel a desenvolver o vírus de computador. Ele monta um bom elenco de entrevistados de várias perspectivas sobre o assunto.

A diferença das evidências de crimes comuns para as evidências digitais é que estas são encontradas em dispositivos eletrônicos como por exemplo: Discos rígidos (interno e externo); Memória RAM, Servidores de arquivo, Desktops e Notebooks, Tablets e Smartphones, Câmeras digitais, Pendrives, Arquivos de LOG (Registros de atividades do sistema) entre outros.

Na Internet as evidências podem ser encontradas em: Sites de Conteúdo, Sites de relacionamento, Serviços de mensagens instantâneas, Serviços de comunicação por VoIP, Redes de Computadores e E-mails.

Alguns destes locais tem seu armazenamento bastante volátil, ou seja, as evidências podem ser perdidas de forma irrecuperável (como por exemplo as informações encontradas na memória RAM de um computador). Esta situação torna bastante complexa a ação de reunir as evidências necessárias, com validade jurídica, para tipificação do crime.

### Informações gravadas na memória RAM de computadores

É de conhecimento geral que as informações gravadas na memória RAM de um computador são perdidas caso o computador seja desligado mas isto não é de todo verdade. Ao se desligar a energia de um computador as informações armazenadas na memória RAM não somem imediatamente, passando por um processo de descarga dos chips de memória. Assim com técnicas adequadas, e com acesso físico ao computador é possível recuperar todas, ou parte, das informações.



Um fato fundamental é que as evidências sejam coletadas de forma profissional e impessoal, sem deixar, em hipótese alguma, que elementos subjetivos influenciem no parecer profissional. Uma prova pericial mal feita acarreta a impossibilidade de ser utilizada como embasamento na tomada de decisões, ou seja, uma prova legal obtida por derivação de uma prova ilegal, a torna também ilegal.

A Computação Forense tem como objetivo principal determinar a dinâmica, a materialidade e a autoria de ilícitos ligados à área de informática, tendo como questões principais a identificação e o processamento de evidências digitais em provas materiais de crime, por meio de métodos técnico-científicos, conferindo-lhes validade probatória em Juízo. (ELEUTERIO, 2011)

A coleta e identificação das evidências digitais é uma das funções do perito forense. Um profissional capacitado para reunir evidências que respondam a perguntas relacionadas ao suposto crime como por exemplo: Quem cometeu e o porque? O quê e onde foi realizado? Quando e como?

Além da coleta é necessário que o acesso a evidência digital depois de sua aquisição seja controlado e registrado. Isto é chamado de cadeia de custódia, assim:

A Cadeia de Custódia é um processo de documentar a história cronológica da evidência, esse processo visa a garantir o rastreamento das evidências utilizadas em processos judiciais, registrar quem teve acesso ou realizou o manuseio desta evidência. Se faz necessária em todas as atividades profissionais onde possa ocorrer situações que resultem em processos judiciais. (SENASA, 2013)

O processo de perícia digital deve seguir uma metodologia padrão e adequada para todo o processo seja isento de erros e não seja questionada posteriormente durante o decorrer do processo judicial. A Figura 21.1 apresenta as etapas-padrão para a execução de uma Perícia Computacional Forense.



**Figura 21.1:** Etapas de uma Perícia Computacional Forense

Fonte: Adaptado de Kent et al., 2006

A seguir vamos descrever em maior detalhe cada uma das atividades desenvolvidas em cada etapa.

**a. Coleta dos Dados:** Consiste na identificação de possíveis fontes de dados como computadores pessoais, notebooks, máquinas fotográficas, mídias de armazenamento, entre outros, além de locais fora de domínios físicos da cena investigada, como servidores de e-mail, sites de redes sociais entre outros.

Durante a etapa da coleta é importante garantir a preservação da integridade das evidências. Isto é feito através de proteção física acondicionando os equipamentos apreendidos em envelopes apropriados (Starlock) conforme a Figura 21.2 ou através de uma proteção lógica utilizando-se de algoritmos de HASH.



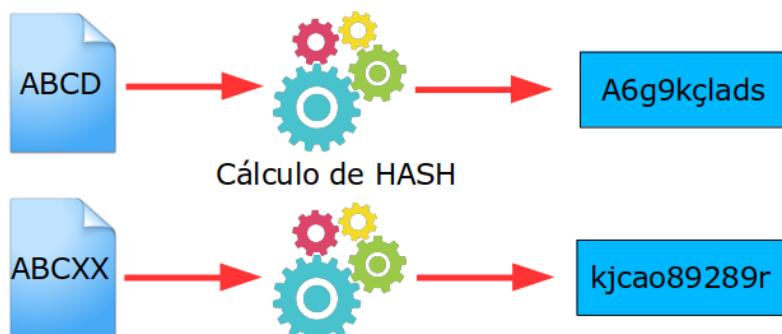
**Figura 21.2** Envelope Starlock.

Fonte: <http://www.elc.com.br/>.

O HASH é calculado através de algoritmos (programas de computador) e seu resultado é um valor composto de letras e números, de comprimento fixo, que identifica exclusivamente um arquivo digital de qualquer tipo. Os valores de HASH representam grandes quantidades de dados como valores numéricos muito menores.

Um dos usos do HASH é a verificação de identidade entre dois arquivos. Neste caso calcula-se o HASH de cada arquivo e se os resultados forem iguais considera-se que os dois arquivos também são iguais. A diferença de um bit (a menor unidade de informação armazenada) entre os dois arquivos é suficiente para alterar completamente o HASH resultante. (Stallings, 2007)

Na Figura 21.3 vemos o exemplo de um arquivo contendo a sequência “ABCD” e o resultado do cálculo de HASH para ele. Uma vez que o conteúdo deste arquivo foi alterado (agora com o valor “ABCXX”) o resultado do HASH é completamente outro.



**Figura 21.3** Exemplo do uso do HASH para identificar alteração em arquivos.

Fonte: Elaboração do próprio autor.

Os algoritmos de HASH mais comuns são:

- **MD5:** Produz uma saída de 128 bits  
Devido a alta ocorrência de colisões e algumas vulnerabilidades deixou de ser utilizado
- **SHA:**  
SHA1 (saída de 160 bits).  
Devido a alta ocorrência de colisões e algumas vulnerabilidades deixou de ser utilizado (o SHA1 Deixou de ser utilizado)  
SHA2 (SHA-224, SHA-256, SHA-384, SHA-512)

- b. Exame dos Dados:** consiste na extração das informações relevantes à investigação através da correta aplicação das diversas ferramentas e técnicas disponíveis, filtrando e reduzindo a quantidade de dados que necessitam de um exame minucioso.
- c. Análise dos Dados:** consiste em identificar pessoas, locais e eventos, determinando como esses elementos podem estar inter-relacionados. Geralmente é necessário correlacionar informações de várias fontes de dados. Uma das peças importantes analisadas nesta etapa são os metadados, informações internas a arquivos que podem ajudar na investigação. Como exemplos de Metadados de fotos digitais temos o número de série da câmera, localização de onde a foto foi realizada, ajustes da câmera em relação a captura entre outros.
- d. Laudo Pericial:** A partir da Interpretação dos resultados obtidos o perito elabora um Laudo Pericial que deve ser escrito de forma clara e concisa, elencando todas as evidências localizadas e analisadas, apresentando uma conclusão imparcial e final sobre a investigação.

Uma sugestão de estrutura para o laudo seria:

- **Preâmbulo:** Identificação do laudo
- **Histórico:** Fatos anteriores e de interesse ao laudo
- **Objetivo:** Descrever qual a finalidade do documento
- **Considerações técnicas / periciais:** Conceitos e informações relacionados ao exame pericial realizado, que podem ser importantes para o entendimento do laudo
- **Exames:** Parte descriptiva e experimental do laudo
- **Resposta aos quesitos:** Respostas aos quesitos (perguntas) realizadas pelas partes do processo ou pelo juiz
- **Conclusão:** Resumo objetivo dos resultados obtidos nos exames
- **Anexos:** Logs, registros, fotos ou documentos considerados importantes para o Laudo

No processo de coleta exame e análise das evidências normalmente são utilizadas ferramentas de software para execução destes procedimentos. É importante notar que elas são importantes, mas não fazem o papel do perito pois elas não pensam, elas apenas irão simplificar o trabalho do Perito.

As ferramentas podem ser classificadas como Proprietárias (pagas) que apresentam como vantagem a integração com vários utilitários e, em algumas situações uma melhor eficácia na execução das tarefas. Dois bons exemplos de ferramentas de Computação Forense proprietárias são:

- **EnCase:** <http://www.encke.com>
- **FTK:** <http://www.accessdata.com/>

Existem muitas ferramentas livres e gratuitas para a execução dos procedimentos forenses. Apesar de poderem ser aplicadas em investigações em sistemas Windows ou Linux, em geral estas ferramentas executam no sistema Linux. Alguns exemplos de distribuições que reúnem estas ferramentas:

- **Kali:** <https://www.kali.org/>
- **Caine:** <http://www.caine-live.net>
- **Parrot OS:** <https://www.parrotsec.org/>

### Distribuições Linux para a Computação Forense

Existem muitas distribuições baseadas no Sistema Operacional Linux que podem ser utilizadas para a execução de procedimentos de Computação Forense. A flexibilidade do sistema, a possibilidade de customização e de instalação de novas ferramentas fez com que esta plataforma seja a preferida por muitos profissionais da área. A escolha da distribuição pelo profissional vai depender de sua experiência e prática com a plataforma.



Como vimos a investigação de um crime digital e a perícia computacional forense exige a utilização de uma diversidade de métodos e procedimentos. Caso o perito ou investigador não esteja preparado muitos erros podem ser cometidos o que pode inviabilizar o uso das evidências em um processo judicial ou inquérito policial.

Alguns dos erros mais comuns encontrados na perícia computacional forense são:

- Introduzir dados no sistema investigado alterando o ambiente original;
- Terminar uma aplicação no sistema que estava em execução apagando evidências importantes;
- Usar comandos e ferramentas de perícia não confiáveis ou piratas. Isto inviabiliza o uso do laudo resultante.

## 21.7 Considerações finais

Parabéns! Ao chegar até aqui, você já detém todos os conhecimentos necessário para se trabalhar com as inúmeras questões dos Crimes Digitais.

Como visto, o conceito de crime é complementado pelo cenário digital, daí originando o termo crime digital, pois o Estado não pode deixar de tutelar os direitos dos cidadãos, fazendo-se aplicar, ainda que exista alguma omissão, as normas já existentes. No entanto, muitas vezes, são necessários que novos crimes sejam criados, como o de invasão de dispositivo informático, insculpido no art. 154-A do Código Penal.

Além disso, foram vistos os crimes próprios e os crimes impróprios. Mas de nada adiantará saber sobre cibercrimes se o criminoso não for localizado. Por isso, a forma como uma investigação de crimes digitais ocorre, foi também abordada.

Nesse sentido, as previsões para a guarda de logs, contida no Marco Civil da Internet, foi analisada, momento em que, o Provedores de Aplicação de Internet e os Provedores de Acesso à Internet foram explicados. Dessa forma, ficou claro como um criminoso pode ser encontrado através da investigação digital.

Então, tendo-se o crime e o seu executor (criminoso), falta agora compreender como se desenvolverá o processo. Sobre isso, o tema da competência foi tratado para se ter o correto entendimento sobre como o processo penal (judicial) será conduzido.

Portanto, outro tema que não poderia se deixar de ser explorado, que era o tema das provas digitais, explicado no tópico sobre a produção de provas e a perícia forense. Essa temática se mostra importante para se evitar a produção de provas ilícitas que não possam ser utilizadas judicialmente.

## 21.8 Atividades sugeridas

1. Instale o aplicativo gratuito QuickHash (<https://quickhash-gui.org/>). Crie um arquivo de texto e calcule o Hash (utilizando por exemplo o sódigo SHA256). Altere o arquivo e recalcule o Hash. Compare os dois valores encontrados antes e depois da alteração.
2. Escolha uma foto capturada com o seu celular e a envie ao site <http://metapicz.com/>. Verifique as informações que podem ser recuperadas em relação a foto que você submeteu.
3. Acesse o site What Is My IP Address (<https://whatismyipaddress.com>) e copie o seu endereço IPv4. Agora acesse o site do Registro.br no *whois*: <https://registro.br/2/whois>. Agora cole o seu endereço IP no campo e clique em Consultar. Você verá qual é o seu Provedor de Acesso à Internet.
4. Acesse a Lei 8.777/2007 do Estado do Espírito Santo no seguinte link: <http://www3.al.es.gov.br/Arquivo/Documents/legislacao/html/L08777.html> e analise os dados que são solicitados aos estabelecimentos.
5. Acesse o vídeo “A cidade mais perigosa da Internet” (<https://www.youtube.com/watch?v=mJ0bN6Nq0PE>) e verifique se alguma das condutas praticadas pelos crackers configura o crime de invasão de dispositivo informático, previsto no art. 154-A do Código Penal, a ser transcrito:

Art. 154-A. Invadir dispositivo informático alheio, conectado ou não à rede de computadores, mediante violação indevida de mecanismo de segurança e com o fim de obter, adulterar ou destruir dados ou informações sem autorização expressa ou tácita do titular do dispositivo ou instalar vulnerabilidades para obter vantagem ilícita:

Pena - detenção, de 3 (três) meses a 1 (um) ano, e multa.

## **Referências bibliográficas**

BARRETO, Alessandro Gonçalves. BRASIL, Beatriz Silveira. **Manual de Investigação Cibernética a luz do Marco Civil da Internet.** 1a Ed, Brasport, São Paulo, 2010.

BERCITO, Diogo. **Onda de ciberataques atinge órgãos e empresas em ao menos 74 países.** Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/mundo/2017/05/1883408-mega-ciberataque-derruba-sistemas-de-comunicacao-ao-redor-do-mundo.shtml>>. Acesso em: 23 jul. 2018.

CAPANEMA, Walter Aranha. **O spam e as pragas digitais:** uma visão jurídico-tecnológica. São Paulo: LTr, 2009.

CONSELHO DA EUROPA. **Convenção sobre o Cibercrime.** Disponível em: <[https://www.coe.int/t/dg1/legalcooperation/economiccrime/cybercrime/Documents/Convention%20and%20protocol/ETS\\_185\\_Portuguese.pdf](https://www.coe.int/t/dg1/legalcooperation/economiccrime/cybercrime/Documents/Convention%20and%20protocol/ETS_185_Portuguese.pdf)>. Acesso em: 23 jul. 2018.

COUNCIL OF EUROPE. Action against Cybercrime. Disponível em: <https://www.coe.int/en/web/cybercrime/home>. Acesso em: 17 set. 2020.

CRISTO, F., PREUSS, E., FRANCISCATTO, R. **Arquitetura de computadores.** UFSM, 2013.

DELLA VECCHIA, Evandro. **Perícia Digital – da investigação à Análise Forense.** 1a Ed, Millennium, São Paulo, 2014. Este livro elaborado pelo Perito Criminal Evandro Della Vecchia é uma das referências nacionais a prática da Computação Forense. Explica de forma técnica e detalhada os procedimentos utilizados em uma Perícia Computacional Forense.

DELLA VECCHIA, Evandro. **Perícia Digital – da investigação à Análise Forense.** 1a Ed, Millennium, São Paulo, 2014.

ELEUTÉRIO, Pedro Pereira. MACHADO, Márcio. **Desvendando a Computação Forense.** 1a Ed, Novatec, São Paulo, 2011.

ESPÍRITO SANTO, Lei N° 8.777, Disciplina as atividades de “lan houses”, “cibercafés”, “cyber offices” e estabelecimentos congêneres. Disponível em: <http://www3.al.es.gov.br/Arquivo/Documents/legislacao/html/LO8777.html>. Acesso em: 17 de set. 2020.

G1. **Carolina Dieckmann fala pela 1ª vez sobre fotos e diz que espera ‘justiça’.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/pop-arte/noticia/2012/05/>>

carolina-dieckmann-fala-pela-1-vez-sobre-roubo-de-fotos-intimas.html>. Acesso em: 23 jul. 2018.

**G1. Professor da Ufes Fábio Malini é condenado por criar perfil falso.** Disponível em: <<http://g1.globo.com/espirito-santo/noticia/2016/02/professor-da-ufes-e-condenado-pagar-r-10-mil-por-perfil-falso-no-es.html>>. Acesso em: 23 jul. 2018.

**GLENNY, Misha. Mercado Sombrio:** o cibercrime e você. São Paulo: Companhia Das Letras, 2011.

**KENT, K. et al. Guide to integrating forensic techniques into incident response:** Special publication. Gaithersburg: NIST, 2006.

MARTINELLI, Gustavo Gobi e SUDRÉ FILHO, Gilberto Neves. O princípio da natureza participativa no Marco Civil da Internet: uma abordagem sobra a sua importância. In: LEITE, George Salomão, LEMOS Ronaldo. (Org.). **Marco Civil da Internet**. São Paulo: Atlas, 2014, p. 202-215. Esta obra reúne vários artigos que ajudam a entender e interpretar o Marco Civil da Internet. A Lei que determina as responsabilidades de provedores de acesso e de informação assim como a proteção a privacidade dos usuários da Internet.

MITNICK, Kevin D.; Simon, William L. **A arte de enganar**. São Paulo: Pearson Makron Books, 2003. O especialista em segurança Kevin Mitnick explica através de exemplos o poder do ataque de engenharia social onde explora a ingenuidade de usuários para obter informações privadas ou a execução de golpes.

O GLOBO. **O que se sabe aé agora sobre o jogo da Baleia Azul**. Disponível em: <<https://oglobo.globo.com/sociedade/o-que-se-sabe-ate-agora-sobre-jogo-da-baleia-azul-21236180>>. Acesso em: 23 jul. 2018.

POULSEN, Kevin. **Kingpin**: how one hacker took over the billion-dollar cybercrime underground. Estados Unidos: Broadway, 2011.

SENASA. **Procedimento Operacional Padrão – Perícia Criminal**. Disponível em <[http://www.justica.gov.br/sua-seguranca/seguranca-publica-1/senasp-1/pops-de-per\\_cia-vers\\_o-para-internet.pdf](http://www.justica.gov.br/sua-seguranca/seguranca-publica-1/senasp-1/pops-de-per_cia-vers_o-para-internet.pdf)>. 2013. Acesso em: 19 jul. 2018

STALLINGS, William. **Criptografia e Segurança de Redes**. 4a Edição. Pearson. 2007.

VELHO, Jesus Antonio. outros. **Tratado de Computação Forense**. 1a edição, Millennium, São Paulo, 2016. O Tratado de Computação Forense foi eleito a melhor obra de Ciencias Forenses em língua portuguesa de 2018. É composto de 15 capítulos escritos por especialistas e abrangem as principais áreas da Computação Forense.

VELHO, Jesus Antonio. outros. **Tratado de Computação Forense**. 1a edição, Millennium, São Paulo, 2016.

WENDT, Emerson. GONÇALVES, Alessandro. CASELLI, Guilherme. **Investigação Digital em Fontes Abertas**. 1a Ed, Brasport, São Paulo, 2017. Os Delegados Emerson Wendt e Guilherme Caselli abordam de forma prática, com muitos exemplos de locais de pesquisa, como proceder a uma investigação digital utilizando informações abertas e públicas.

# 22. Desmistificando blockchain: conceitos e aplicações

Paulo Henrique Alves

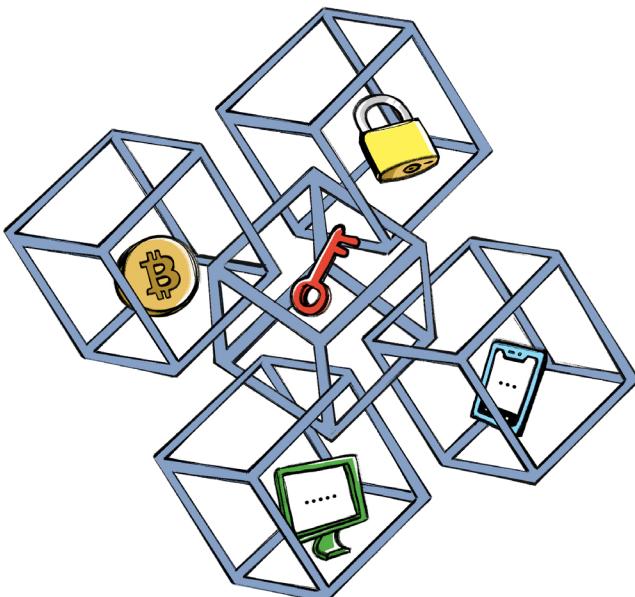
Rodrigo Laigner

Rafael Nasser

Gustavo Robichez de Carvalho

Helio Lopes

Marcos Kalinowski



Após a leitura desse capítulo, você deverá ser capaz de:

- Definir os conceitos básicos sobre a tecnologia blockchain e entender como essa tecnologia provê transparência, integridade e descentralização dos dados;
- Identificar as diferenças entre uma blockchain pública, privada e híbrida;

- Identificar os diferentes tipos de mecanismos de consenso;
- Definir o que é um contrato inteligente e quais são as suas propriedades;
- Identificar possíveis aplicações dessa tecnologia.

## 22.1 Introdução

O ano de 2017 trouxe ao conhecimento popular um modelo de transações financeiras criado em 2008 (NAKAMOTO, 2008), que extingue a necessidade de uma entidade central para transações de valores. Seguindo este modelo, a criptomoeda Bitcoin experimentou uma rápida valorização e passou a atrair grande atenção de investidores do mercado financeiro, da mídia e de organizações que regulamentam o mercado. No momento da escrita deste capítulo, as 100 principais criptomoedas possuíam valor de mercado acima de 250 bilhões de dólares<sup>1</sup>. Fazendo um paralelo, se a distribuição dos investimentos fosse uniforme, é como se cada ser humano do planeta tivesse em torno de 40 dólares em criptomoedas.

Uma característica das criptomoedas como o Bitcoin é a realização de transações sem um agente intermediador/central, como um banco, por exemplo. Por isso, dizemos que se utilizam de um controle descentralizado. Nesse tipo de controle, a confiabilidade e auditabilidade na operação são garantidas por um processo onde nós em uma rede compartilham a responsabilidade em uma transação. Entretanto, antes de nos aventurarmos nas nuances de como as criptomoedas se utilizam de um controle descentralizado para garantir suas transações, é interessante entender de forma resumida a evolução dos modelos de processamento de transações em larga escala.

Nos anos 1960 e 1970, com a necessidade de armazenar grandes quantidades de dados pelas organizações, como registros bancários e transações, a IBM lança na indústria o primeiro computador para armazenamento e processamento intensivo de dados. Os mainframes, por meio de uma arquitetura centralizada, permitiam o acesso e interação por meio de um terminal. Entretanto, algumas limitações, como a grande dependência da capacidade do sistema operacional, criaram a necessidade de um outro modelo de processamento.

---

<sup>1</sup> <http://www.coinmarketcap.com>.

Na década de 1980, juntamente com proliferação e evolução dos computadores pessoais, surge o chamado modelo cliente/servidor. Neste modelo o processo deixa de estar limitado a um único ator (o mainframe) e os papéis em uma transação tornam-se divididos. O modelo cliente/servidor, ao contrário do modelo de processamento baseado em mainframes, abriu a possibilidade de uma transação ser realizada de forma remota. Isto é, não dependente de um terminal de acesso direto a um mainframe.

Entretanto, neste modelo o servidor é normalmente responsável por prover acesso aos dados e realizar as operações de recebimento e processamento de dados. Assim, o modelo cliente/servidor pode envolver riscos de segurança ao confiar em um servidor central como autoridade sobre os dados. Não é difícil imaginar que uma modificação não desejada em dados possa ser causada por um agente externo caso este obtenha o controle sobre os dados, podendo trazer impactos significativos.

Nesse contexto, surge a tecnologia utilizada pelas criptomoedas e que representa o tema central deste capítulo, blockchain. A blockchain provê uma forma singular de proteger os dados sobre a rede, utilizando um controle descentralizado para garantir a segurança em suas transações. De forma resumida podemos definir Blockchain como segue.



#### Definição: Blockchain

Blockchain é uma tecnologia que faz uso de uma arquitetura distribuída e descentralizada para registrar transações de maneira que um registro não possa ser alterado retroativamente, tornando este registro imutável.

A definição acima é premeditadamente introdutória e esclarece mais o propósito do que os detalhes e as aplicações da tecnologia. Detalhes sobre os conceitos básicos de blockchain, sua arquitetura e características, como transparência e estrutura de dados, são providos na Seção 22.2. Além disso, os diferentes tipos de blockchain e implementações de validação de transações são analisados para prover uma contextualização adequada sobre o tema.

Atualmente, as aplicações da tecnologia blockchain transcendem questões ligadas à segurança e a tecnologia tem sido considerada para criar soluções inovadoras e disruptivas em diversas áreas de

negócios. Desta forma, é fundamental que profissionais envolvidos na área de computação tenham também uma compreensão básica de aplicações da tecnologia que lhes permita refletir sobre seus potenciais impactos na sociedade. Exemplos dessas aplicações que podem servir para subsidiar essa reflexão são descritos na Seção 22.3. Por fim, as considerações finais, incluindo uma discussão a respeito de benefícios, limitações e tendências, são providas na Seção 22.4.

## 22.2 Conceitos Básicos

### 22.2.1 Arquitetura

A tecnologia blockchain pode ser compreendida como um livro público, mantido pela cooperação e interação de nós em uma rede. Este livro é responsável por armazenar todas as transações ocorridas em um sistema. Dessa forma, diferentemente de sistemas bancários, não há uma autoridade central em que se confia o processamento de transações.

Uma vez que uma transação é escrita neste livro público, a mesma não pode ser alterada. Ou seja, a inserção de novas transações é permitida, entretanto, a alteração ou exclusão de qualquer transação existente é uma operação não suportada. Ou seja, blockchain envolve necessariamente um armazenamento imutável de dados.

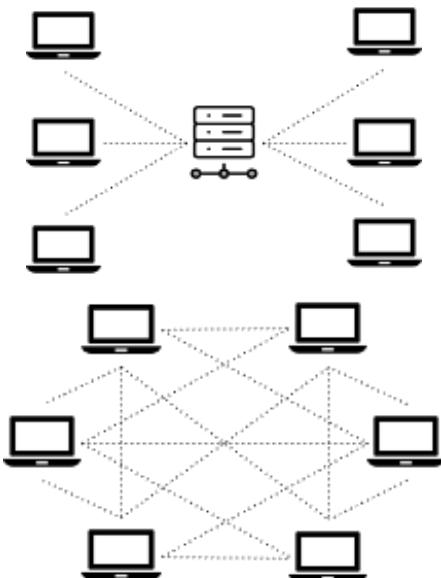
Toda a rede, por meio de seus nós, chega a um acordo antes que uma transação seja incluída no livro público. Os mecanismos utilizados para alcançar o consenso serão tratados mais adiante. Para que haja uma concordância entre os nós, uma arquitetura de rede conhecida como *peer-to-peer* é tipicamente empregada.



#### Definição: Redes *peer-to-peer*

Segundo Tanenbaum (2010), em uma rede *peer-to-peer*, os nós agem como clientes e servidores para os outros nós da rede. Quando comparado ao modelo cliente/servidor, onde só há um servidor recebendo e processando requisições, no modelo *peer-to-peer* os nós compartilham responsabilidades de servir a outros nós. Assim, não há um ponto de controle único. É importante notar que para essa troca de informações ocorra, os nós têm de concordar com um conjunto de regras previamente definidas para a comunicação.

A Figura 22.1 ilustra a diferença na comunicação em uma rede baseada na arquitetura cliente/servidor, onde o servidor exerce papel central, e uma rede *peer-to-peer*, onde os nós trocam informações entre si para atingir um objetivo.



**Figura 22.1 Arquitetura cliente-servidor e arquitetura *peer-to-peer*.**

Assim, como ponto de partida, podemos caracterizar a tecnologia blockchain como um paradigma de computação distribuída que envolve uma arquitetura descentralizada. Na próxima seção iremos ampliar a compreensão da tecnologia provendo mais informações sobre os componentes básicos de uma rede blockchain, os blocos.

## 22.2.2 Blocos

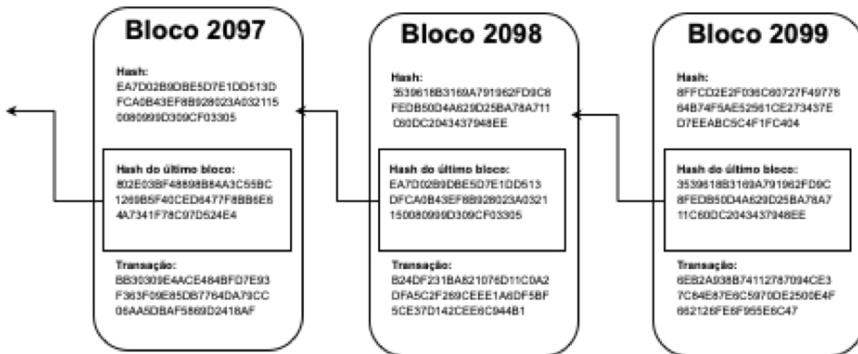
Um bloco é a unidade básica de dados de uma rede blockchain. Se caracteriza por ser uma estrutura de dados responsável por armazenar informações sobre um conjunto de transações.

Segundo Xu *et al.* (2016), uma rede blockchain é uma lista ordenada de blocos que tem por objetivo armazenar e reunir informações sobre as transações ocorridas. Uma transação em um bloco é tipicamente composta por informações sobre a data, o proprietário, e, no contexto específico de criptomoedas, o valor monetário transferido. Além disso, cada bloco possui um identificador único (ou impressão digital). Isso

garante sua unicidade em toda a rede blockchain e permite que todo bloco seja identificável.

Para que as transações possam ser rastreadas de maneira histórica, um bloco deve possuir o identificador de seu bloco anterior, formando assim uma cadeia de blocos (“Block chain” em inglês). Uma outra propriedade importante de um bloco é o *timestamp*. O *timestamp* basicamente é uma instância de tempo com informações sobre a data e hora. Essa propriedade torna mais difícil para um atacante manipular a rede blockchain, uma vez que, além de um identificador único, um bloco também possui essa propriedade que varia bloco a bloco.

A Figura 22.2 apresenta uma representação de como blocos são encadeados em uma rede blockchain, compostos por uma *hash* que o identifica de forma única na rede, a identificação do bloco anterior e o identificador da transação correspondente.



**Figura 22.2** Cadeia de blocos em uma rede Blockchain.

Na próxima seção veremos os detalhes de como o registro de todas as transações é compartilhado entre todos os participantes na rede blockchain, mas por ora, podemos afirmar que essa característica é crucial para garantir que um bloco não seja modificado ou inserido entre blocos pré-existentes.

### 22.2.3 Descentralização

Como esclarecido na seção sobre Arquitetura, uma rede blockchain tem por premissa não depender de uma autoridade central, sendo os nós na rede responsáveis por validar as transações ocorridas.

Entretanto, do início de uma transação ao seu término, dados são compartilhados em toda a rede blockchain. Para isso, um importante conceito em redes de computadores é empregado: *flooding*.



#### Definição: *Flooding*

*Flooding* é uma técnica utilizada por roteadores para obter conhecimento sobre os nós da rede, uma vez que se inunda a rede com pacotes marcados como “*flooding*” por meio das interfaces de saída (para cada pacote recebido em uma interface de entrada, pacotes são enviados por meio das interfaces de saída).

*Flooding* se torna particularmente importante em uma rede blockchain, pois garante que as requisições sejam entregues a todo nó na rede. Em alguns cenários, isso pode causar um efeito desastroso em sob o ponto de vista de desempenho. Contudo, como veremos na próxima seção, particularmente em uma rede blockchain, a técnica se torna efetiva por garantir transparência, visto que todos os nós recebem informações das transações ocorridas.

Xu *et al.* (2016) sintetizam as etapas desde o início de uma transação até o reconhecimento da mesma por todos os nós na rede da seguinte forma:

“Uma vez criada, uma transação é assinada com a assinatura do iniciante da transação [e também recebe um identificador único, como o bloco a qual pertence], que identifica a autorização para o gasto do valor monetário [(no caso de transações envolvendo criptomoedas)] ... A transação é então enviada para um nó da rede blockchain que sabe como validar a transação ... [Este, por sua vez,] propaga a transação a um conjunto de nós conectados que [também] irão validar a transação e enviá-las a seus pares de nós até que se alcance todos os nós na rede.”

É possível, após a descrição acima, notar a interdependência entre diversos nós e como a cooperação entre eles ocorre para a validação descentralizada de transações. Na próxima seção, abordamos outro conceito fundamental em redes blockchain, integridade.

## 22.2.4 Integridade

A integridade dos dados em um sistema é de fundamental importância para a realização de transações. Em bancos de dados tradicionais, ao longo de décadas de pesquisa, diversos mecanismos e técnicas foram desenvolvidos para garantir que, no tocante a uma transação, todas as operações por ela desencadeadas sejam concluídas. Ou seja, no caso de uma operação não concluída, todas as operações anteriores são revertidas e as posteriores são canceladas.

No contexto de uma rede blockchain, uma transação não representa um conjunto de operações, mas sim a mudança de um estado, como por exemplo o débito ou crédito de recursos (criptomoeda) entre contas.

Na seção anterior foi exposto que um conjunto de nós é responsável por verificar as transações na rede de forma descentralizada. Tais nós são conhecidos como nós mineradores. Uma vez verificada por um nó minerador, a transação é então propagada na rede novamente para que mais de um nó minerador possa verificar a validade da transação.

O conjunto de regras pelo qual se define se uma transação é válida ou não, é dependente da implementação da rede blockchain. Exemplos típicos dessas regras encontram-se abaixo:

- O identificador único do bloco está de acordo com a regra de criação;
- O *timestamp* do bloco não pode ser maior que um período pré-definido;
- O bloco não pode estar duplicado;
- O tamanho em bytes atende o número máximo de bytes permitido.

### Regras de bloco para o Bitcoin

fique por dentro 

O Bitcoin, por exemplo, define que cada bloco deve ter um *timestamp* baseado no Unix time. O *timestamp* é válido somente se a seguinte condição for atendida: o *timestamp* deve ser maior que a mediana dos *timestamps* dos últimos 11 blocos e menor que o “tempo ajustado” da rede + 2 horas. O “tempo ajustado” da rede se refere a mediana dos *timestamps* retornados por todos os nós conectados. Fonte: Bitcoin Wiki, 2018.

## 22.2.5 Transparência

Na seção de arquitetura definimos que a ideia básica de uma rede blockchain é centrada na existência de um livro público. No ato de uma transação, sabemos que a mesma é propagada nó a nó na rede. Este mecanismo é de fundamental importância no processo de verificação da validade de uma transação, como vimos na seção anterior.

Entretanto, para que possamos questionar cada nó sobre seu histórico de registros, é necessário que cada nó, de forma redundante, armazene o livro razão da rede blockchain. Ou seja, cada nó serve como um backup da rede, armazenando cada nova transação. A transparência se refere à possibilidade de visualizar toda e qualquer transação na rede blockchain por qualquer nó pertencente à rede. A seguinte trata com maiores detalhes como diferentes tipos de redes blockchain abordam a transparência.

## 22.2.6 Tipos de Blockchain

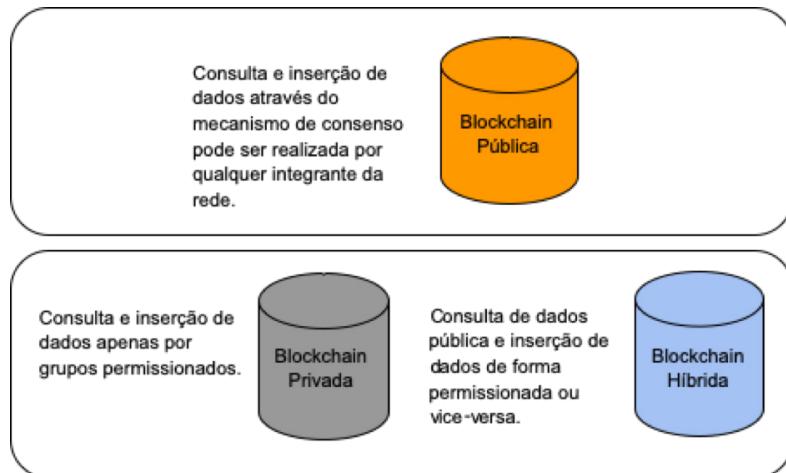
Uma blockchain pode ser categorizado de três formas: blockchain pública, privada ou híbrida. Uma blockchain pública, como o próprio nome sugere, é uma rede blockchain que tem suas informações abertas ao público e permite a participação de qualquer usuário como nó no processo de consenso. Os usuários que disponibilizam poder computacional para auxiliar nesse processo recebem uma gratificação caso resolvam um problema matemático, necessário para inserir um bloco na cadeia no caso do *proof of work*. Detalharemos mais esse conceito nas próximas seções.

Entretanto, essa gratificação paga não é obrigatória, os desenvolvedores podem remunerar ou não os nós do sistema, essa questão fica à critério de cada tecnologia de blockchain. Além disso, todos os nós mantêm localmente uma cópia da blockchain e o mecanismo de consenso distribuído é então usado para alcançar uma decisão sobre o estado da blockchain, indicando o que será incluído no bloco.

Já uma blockchain privada pode ser acessada somente pelo grupo que criou a blockchain, nesse caso a participação de um nó é definida por esse grupo. Esse tipo de blockchain pode ser útil, por exemplo, em um cenário onde é necessário inserir informações sensíveis ou críticas ao negócio, de forma a não ser interessante ter essas informações expostas à qualquer pessoa. Entretanto, esse tipo de blockchain des-

via da ideia de descentralização, pois essa característica, na maioria dos casos, está limitada à quantidade de nós na rede, enquanto uma blockchain pública tende a ter uma maior colaboração da comunidade de desenvolvedores e interessados nessa tecnologia.

Já uma blockchain híbrida, também chamada de consórcio blockchain, pode ser acessada somente por um grupo de indivíduos ou organizações que tenham decidido por compartilhar informações entre si, nesse caso a participação de um nó é definida por um grupo ou uma organização. Esse tipo de blockchain pode ser útil, por exemplo, em um cenário onde diferentes empresas se unem para construir uma blockchain própria, onde apenas as empresas participantes detêm a blockchain propriamente dita, já o direito de leitura e escrita pode ser, ou não, disponibilizado ao público.



**Figura 22.3 Tipos de Blockchain.**

A Figura 22.3 resume as principais características dos diferentes tipos de blockchain. É interessante fazer a analogia da tecnologia blockchain com o surgimento da Internet em 1990, uma vez que informações trafegam livremente por toda a rede habilitando o desenvolvimento de aplicações, agora sobre essas camadas a internet e a rede blockchain sobre a mesma. Alguns autores caracterizam o blockchain como a nova geração da Internet.

## 22.2.7 Blockchain e Segurança

A definição sobre qual bloco será inserido na cadeia de blocos é feita de acordo com o mecanismo de consenso adotado por cada projeto. Existem diversos mecanismos diferentes. Dois comumente utilizados são *Proof of Work* (PoW) e *Proof of Stake* (PoS). Entender estes mecanismos é fundamental para compreender a maneira que a segurança é alcançada em uma blockchain.

### Definição: Mecanismo de Consenso

O mecanismo de consenso é basicamente um conceito de computação distribuída usado na blockchain para prover um acordo na definição de uma versão única do bloco que será enviada para todos os nós da rede sem a necessidade de uma autoridade central.



### 22.2.7.1 Proof of Work e Proof of Stake

O tipo de mecanismo *Proof of Work* (PoW) é baseado na resolução de problemas matemáticos, o pool de mineração que encontrar primeiro a resposta para o problema matemático atual ganha uma recompensa pelo poder computacional gasto no processo de resolução do problema. A dificuldade do problema pode ser definida de forma dinâmica, que pode variar de acordo com o uso da rede e da quantidade de blocos por minuto estipulado por cada projeto.

### Definição: Pool de mineração



Os pools de mineração são grupos de mineradores que cooperam entre si e que concordam em dividir recompensas de bloco em proporção ao seu poder de *hashing* de mineração contribuído.

O PoW é utilizado na rede Bitcoin, onde cada nó da rede calcula um valor de dispersão (valor *hash*) que é constantemente alterado (NAKAMOTO, 2008). Quando nos referimos à um valor *hash*, este é o resultado de uma função *hash*. A função *hash* é um algoritmo que mapeia dados de entrada de comprimento variável para dados de comprimento fixo. Blockchains fazem uso de funções *hash* criptográficas (*one-way hash functions*), onde recriar o valor de entrada utilizando o valor *hash* é praticamente impossível.

### Definição: Função *hash* criptográfica

Uma função de dispersão criptográfica ou função *hash* criptográfica (*one-way hash function*) é uma função *hash* considerada praticamente impossível de inverter, isto é, de recrivar o valor de entrada utilizando somente o valor de dispersão. Uma função de dispersão criptográfica deve possuir as seguintes propriedades (Schneier, 2015):

- Deve ser fácil computar o valor de dispersão para os valores de entrada
- Deve ser difícil gerar um valor de entrada a partir de seu *hash*
- Deve ser difícil encontrar dois valores de entrada diferentes com o mesmo *hash*.

Os nós que calculam essas funções *hash* são chamados de mineradores e esse processo é chamado de mineração. A Figura 22.4 exibe o processo de mineração, dividido em três etapas. Em resumo, os mineradores precisam encontrar um valor que gere uma *hash* com determinadas características (por exemplo, um determinado número de zeros).

Além disso, o gasto energético está diretamente associado ao uso do poder computacional, o que torna esse mecanismo um dos mais onerosos sob essa ótica, pois as tentativas de resolução do problema computacional são feitas utilizando a técnica de força bruta, também conhecida por busca exaustiva. Dessa forma, números são testados de forma aleatória até alcançar o resultado esperado.

A Figura 22.4 mostra o funcionamento do PoW, onde os mineradores (ou um pool de mineração) buscam por uma prova de trabalho e recebem uma recompensa pelo esforço computacional empenhado. Como há uma recompensa envolvida, diferentes mineradores e pools de mineração competem entre si para encontrar a solução para esse problema matemático, para então receber a recompensa prometida na definição do projeto.

No caso do Bitcoin foi estipulado que os mineradores receberão uma recompensa de 50 BTC no ato da descoberta de um novo bloco, mas as taxas de transação oferecidas por quem está solicitando a inclusão da transação na blockchain. Esse valor de recompensa é ajustado a cada 210.000 blocos, reduzindo-o em 50%. Esse ajuste é dado em média a cada 4 anos, uma vez que ocorre aproximadamente a mineração de um bloco a cada 10 minutos. Atualmente o valor da recompensa está em 12,5 BTC. O valor da taxa de transação é definido por quem está solicitando a inclusão da transação na blockchain e é utilizado pelos mineradores como critério para definir qual transação terá prioridade

de inserção na blockchain. Naturalmente, caso seja necessário realizar uma transação em um momento de congestionamento na rede (muitas transações a serem inseridas no blockchain em um curto espaço de tempo), é natural que um valor de taxa de transação maior seja necessário para que a inserção tenha prioridade. Isso acontece pelo fato dos mineradores selecionam a transações com as maiores taxas de transação, já que eles serão recompensados caso consigam inseri-las na blockchain. Consequentemente, as transações que oferecem taxas com menor valor têm uma baixa prioridade para os mineradores.

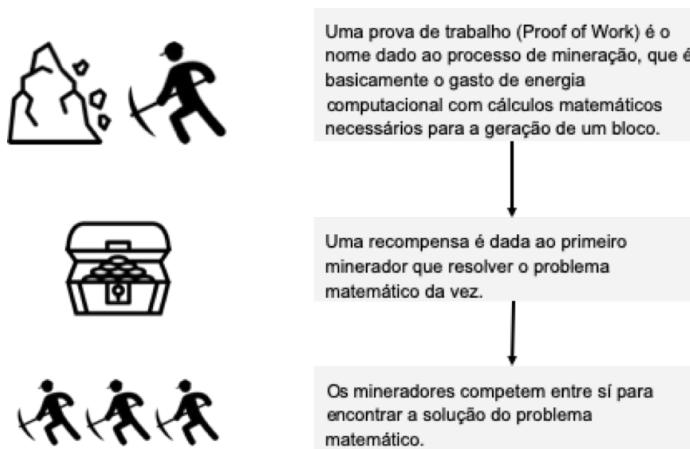
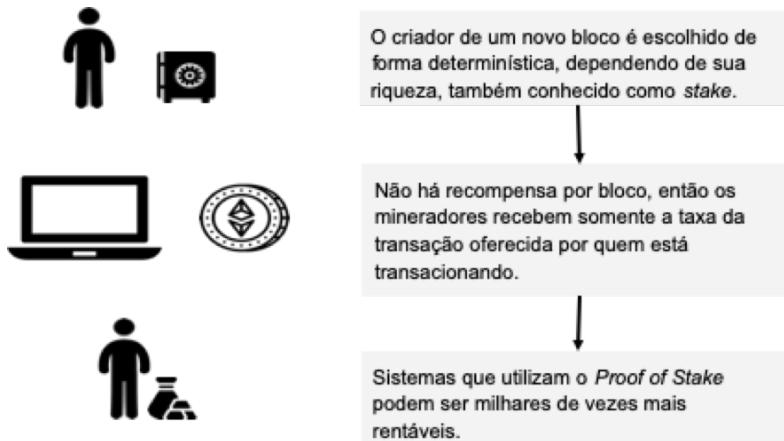


Figura 22.4 O funcionamento do PoW no processo de mineração.

Por outro lado, o mecanismo *Proof of Stake* (PoS) é definido de forma que cada nó que possui um *stake* no sistema pode delegar a validação de uma transação a outros nós através de uma votação. Esse algoritmo é uma alternativa ao excessivo gasto de energia realizado pelo PoW (ZHENG *et al.*, 2016).

A Figura 22.5 ilustra como é o funcionamento do PoS, que começa com a definição de forma determinística de um criador de um novo bloco baseado no seu *stake*. Neste mecanismo não há recompensa por um problema matemático resolvido, então os mineradores recebem somente a taxa de transação cobrada no ato das operações de transferência. Com isso há uma enorme redução de esforço computacional gasto, pois não há problemas matemáticos envolvidos que exijam um alto gasto energético.



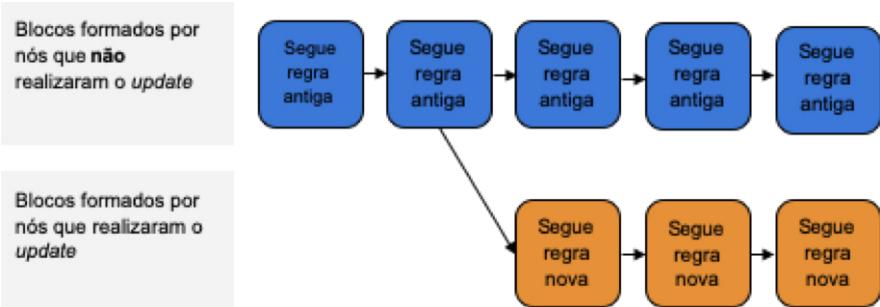
**Figura 22.5** Funcionamento do PoS.

### 22.2.7.2 Segurança

Blockchain, como tecnologia, auxilia no reforço da segurança referente à imutabilidade dos dados e à transparência de transações. Conforme apresentado anteriormente, a blockchain armazena um conjunto de informações descrevendo as mudanças de um estado. Cada bloco inserido na blockchain contém uma *hash* gerada a partir dos dados do bloco anterior. Dessa forma, para realizar a alteração de um bloco já inserido é necessário modificar todos os blocos posteriores, já que a sua *hash* terá sido modificada.

A modificação de um bloco anterior ao bloco atual pode ser efetuada inicialmente sobre a ótica de melhoria ou correção de código. Por exemplo, imagine que um grupo de desenvolvedores de um projeto identificou uma falha no código. Caso todos os desenvolvedores concordem com corrigir esta falha, eles podem optar por voltar para uma outra versão e desconsiderar os blocos posteriores. No caso em que apenas uma parte dos desenvolvedores concorda com a ação de voltar alguns blocos e desconsiderar as transações posteriores, é realizado um *fork* da blockchain, o ramo que continha a falha continua existindo, e um novo ramo é criado a partir de um ponto antes da identificação da falha. A Figura 22.6 ilustra uma situação de um *hard fork*, onde há nós que rejeitaram as novas regras estipuladas por uma parte da comunidade. Este cenário reforça a relevância da aplicação de testes no desenvolvimento das aplicações que utilizam essa tecnologia (PORRU

*et al.*, 2017). Já em um soft fork uma alteração é sugerida e os membros do projeto de forma conjunta optam por implementar a alteração em questão, dessa forma a cadeia continua sendo única, diferentemente do hard fork onde uma outra cadeia é gerada.



**Figura 22.6** Exemplo de *hard fork*.

Sobre um outro aspecto de segurança, para que uma transação seja inserida em uma blockchain, onde o mecanismo de consenso é o PoW, é preciso que pelo menos 51% dos nós da rede confirmem a transação. Consequentemente, o mecanismo PoW, anteriormente explicado, está sujeito ao ataque de 51%. Isso significa que transações fraudulentas podem ser inseridas/alteradas por alguém que tiver posse de 51% do poder computacional, pois este poderá aprovar as próprias transações, inclusive reescrevendo os blocos na blockchain. Por outro lado, para alguém inserir esse tipo de transação fraudulenta é preciso ter sob controle a maior parte do poder computacional empregado na rede, o que atualmente é praticamente impossível. Além disso, do ponto de vista de retorno financeiro individual de cada minerador, ser honesto é mais vantajoso do que articular um ataque na rede, o que torna ainda mais improvável um ataque desta natureza em redes com inúmeros mineradores. Adicionalmente, cabe considerar que o próprio valor obtido com a fraude automaticamente se desvalorizaria em função do próprio ataque, o que torna ainda menos atrativo para um minerador agir de forma desonesta.

#### 22.2.7.3 Outros Mecanismos

Como informado anteriormente, existem outros mecanismos de consenso que são utilizados em projetos sobre blockchain e aqui citaremos alguns deles.

O *Proof of Importance* apresenta o conceito de que uma prova de importância não depende somente do saldo de moedas que um usuário tem no sistema, mas também da sua reputação sobre operações anteriores e da quantidade de transações consideradas válidas. Um projeto que utiliza esse tipo de mecanismo é o projeto NEM<sup>2</sup>.

Já o Ripple<sup>3</sup> utiliza um algoritmo de consenso que faz uso da confiança coletiva entre sub-redes e a rede principal. Na rede, os nós são divididos em dois tipos: (i) tipo servidor onde o nó será usado na participação no processo de consenso e (ii) tipo cliente que apenas realiza transferência de valores. O processo é iniciado através dos servidores que realizam a coleta de todas as transações não concluídas e então formam uma lista única – Unique Node List (UNL) de candidatos à terem as suas transações efetivadas. Após a criação da UNL os servidores votam sobre a veracidade das transações e as que receberem o número maior que o mínimo estipulado na rede deverão seguir para a próxima etapa, enquanto as transações que não conseguiram alcançar tal número deverão ser descartadas ou enviadas para um novo livro-razão para serem analisadas posteriormente.

Outro mecanismo é o chamado *Delegate Proof of Stake* (DPOS). Ele foi criado pela organização Bitshares<sup>4</sup> e nesse mecanismo os *stakeholders* podem eleger representantes para gerar blocos. Cada conta recebe um voto por ação por representante e os N principais representantes são capazes de gerar blocos. Quando um representante gera um bloqueio, ou seja, quando for identificada alguma irregularidade, ele recebe uma recompensa pelo serviço prestado. Na maioria dos casos, o representante compartilhará sua recompensa com as pessoas que votaram para elegê-lo. O projeto Lisk<sup>5</sup>, por exemplo, permite que os 101 representantes mais votados gerem blocos. Cada representante tem 10 segundos para gerar um bloco, porém, caso ele não o faça, o trabalho será redirecionado para o próximo representante. Além disso, o representante que não puder gerar blocos tem grande chance de perder a sua classificação no ranking.

---

2 <https://nem.io>.

3 <https://ripple.com>.

4 <https://bitshares.org>.

5 <https://lisk.io>.

Esses são apenas alguns mecanismos de consenso, a qualquer momento um novo mecanismo pode surgir com uma proposta diferente das demais já existentes, diferenciados pelo consumo energético, ou pela metodologia aplicada para eleger algum representante, ou por qualquer outro fator que seja considerado relevante. Na seção seguinte serão tratadas algumas aplicações que utilizam a tecnologia blockchain.

## 22.3 Aplicações de blockchain

### 22.3.1 Visão geral

Como descrito anteriormente, a arquitetura da tecnologia blockchain habilita uma transparência centrada no conceito de um livro razão público. Quando pensamos em transações financeiras, podemos facilmente associar o acesso ao livro razão como uma forma de compreender e auditar todas as mudanças de estado ocorridas. De fato, criptomoedas e serviços financeiros estão entre as principais aplicações da tecnologia. Transações financeiras comumente são atividades fim de uma troca comercial anterior ou de acordos firmados entre as partes. Neste contexto a tecnologia pode apoiar a expressar acordos imutáveis entre as partes na forma de contratos inteligentes.

No cenário nacional, uma instituição que se posicionou na vanguarda do uso da tecnologia foi o BNDES, que tem experimentado utilizar a tecnologia para apoiar processos de financiamento, monitoração e avaliação de projetos de desenvolvimento (MORENO et al., 2018). De fato, este pode ser visto como um exemplo de uma gama de aplicações possíveis da tecnologia e do seu potencial de agregar valor a diferentes áreas de negócio.

As possibilidades de aplicação da tecnologia blockchain, com soluções comumente envolvendo conceitos como segurança, privacidade, identidade e eficiência operacional de maneira geral, são plurais e multidisciplinares. O Departamento de Informática da PUC-Rio, na ideologia da universidade como o local onde empresas e acadêmicos se reúnem com o objetivo de compartilhar conhecimento e experimentar ideias, se posicionou de maneira pioneira na discussão de soluções envolvendo a aplicação da tecnologia. Blockchain tem sido

pauta frequente da iniciativa ECOA PUC-Rio<sup>6</sup> onde se discutem, em parceria com empresas e focando em suas reais necessidades, soluções disruptivas para diversas áreas de negócio. Os vídeos disponíveis na *playlist* de blockchain<sup>7</sup> da iniciativa permitem facilmente observar o envolvimento e interesse dos grandes atores do mercado. Empresas chave de diversos segmentos, como óleo e gás, mídia e comunicações, financeiro, telecomunicações e seguros, entre outros, tem participado ativamente das discussões a respeito de aplicações da tecnologia. Diversas empresas têm estabelecido parcerias com o Laboratório de Engenharia de Software<sup>8</sup> (LES) para explorar e desenvolver soluções inovadoras utilizando a tecnologia.

Ainda em relação às aplicações, Bashir (2017) de forma otimista relata algumas tendências que poderão se tornar realidade entre os anos 2020 e 2050:

- A internet das coisas (IoT) será executada em blockchains e aumentará a economia gerada de máquina para máquina.
- O compartilhamento de dados médicos será feito de forma segura preservando a privacidade dos pacientes em blockchains híbridos formados por grandes entidades renomadas da área.
- Eleições serão feitas através de sistemas web distribuídos baseados em uma blockchain, de forma transparente e segura.
- Instituições financeiras terão blockchains privadas e compartilharão dados entre os participantes para um processo interno de seleção de clientes e projetos.
- Atividades de imigração e controle de fronteira serão armazenadas em uma blockchain e o controle de passaportes será conduzido via compartilhamento de dados de uma blockchain entre diferentes entidades ao redor do mundo.
- Os investimentos em criptomoedas crescerão e um novo modelo de economia surgirá.

Visando fornecer uma compreensão de algumas possíveis categorias de aplicações, além das criptomoedas e dos contratos inteligentes, as próximas seções discorrem a respeito de algumas outras aplicações típicas da tecnologia blockchain, tais como Gestão da Identidade e Pro-

---

6 <http://www.puc-rio.br/ecoa>.

7 <https://goo.gl/NxZJAE>.

8 <http://les.inf.puc-rio.br>.

veniência e Transparéncia Pública. Uma visão dinâmica envolvendo soluções específicas aplicadas em diferentes áreas de negócio pode ser consultada através da iniciativa ECOA PUC-Rio.

### **22.3.2 Criptomoedas e serviços financeiros**

A primeira aplicação de uma blockchain foi em 2008, quando Satoshi Nakamoto descreveu em seu *White Paper* o funcionamento da criptomoeda Bitcoin (NAKAMOTO, 2008). O conceito da tecnologia blockchain veio embutido na definição do Bitcoin, como uma arquitetura que torna a aplicação dos conceitos de alta disponibilidade, imutabilidade, transparéncia e ausência de entidade centralizadora possíveis em uma única estrutura concatenada de blocos. O Bitcoin foi a criptomoeda pioneira. Diversos outros projetos com caráter financeiro foram desenvolvidos baseados no Bitcoin, muitos deles são projetos derivados do Bitcoin com algumas alterações.

As moedas digitais têm despertado interesse de cidadãos de diferentes lugares ao redor do mundo, dentre os principais motivadores para esse aumento na procura sobre o assunto estão:

- A liberdade para o envio de valores entre diferentes países com taxas consideravelmente mais baixas que as dos bancos tradicionais.
- A não existência de uma entidade central, como um banco, por exemplo, que regula as transações.
- Serem moedas tipicamente deflacionárias. No caso do Bitcoin, apenas 21 milhões de moedas podem ser mineradas, impossibilitando a emissão de novas moedas.
- A alta dificuldade para realizar uma fraude. No caso do Bitcoin, que utiliza o mecanismo de consenso PoW, para isso seria necessário ter o controle de pelo menos 51% do poder computacional de toda a rede, como discutido anteriormente.
- A possibilidade, dependendo da moeda, de participar como nó na resolução dos problemas matemáticos, podendo ser recompensado financeiramente por isso, recebendo o valor das taxas pagas pelos usuários e a recompensa por ter resolvido um problema matemático.

Segundo o CoinMarket, portal utilizado para verificar a distribuição de moedas e tokens pelo mercado digital, dentre os projetos com maior valor de mercado, no momento da escrita deste capítulo, estão: Bitcoin,

Ethereum, Ripple, BitcoinCash e EOS. Popularmente os projetos em blockchain envolvendo criptomoedas são divididos em dois grupos, o Bitcoin e as AltCoins, que engloba todos os projetos, exceto o Bitcoin.

Na essência, as criptomoedas são um ativo digital, mas não são os únicos. Outro conceito importante no mundo de criptomoedas é o de ICO (*Initial Coin Offer*), onde pode ser feita uma analogia ao mercado financeiro tradicional com o IPO (*Initial Public Offering*). Dessa forma, o ICO é o nome dado ao início da geração de valor para um determinado projeto/empresa, onde serão oferecidos ativos digitais, chamados de *tokens*, para quem participar dessa etapa inicial. Entretanto, por não ter uma regulamentação definida como temos no mercado de ações com todos os requisitos para poder realizar um IPO, o ICO pode ser feito por qualquer pessoa em qualquer etapa do projeto, em alguns casos o ICO é feito mesmo sem o projeto estar minimamente funcional. Essa falta de regulamentação traz um alto risco de investimento para quem quiser participar, pois existe o risco de um projeto ser uma fraude e o investidor perder toda a quantia aplicada.

Esse *tokens* nada mais são que uma representação quantitativa de algo que dentro de um contexto tem valor, por exemplo, dentro das relações regidas por um contrato inteligente. Normalmente esses *tokens* podem ser divididos em três categorias em função dos direitos que concedem aos seus titulares:

- *Security Token*: concede o direito à participação nos dividendos do emissor (assemelha-se a uma ação preferencial no mercado de ações na bolsa de valores);
- *Equity Token*: confere o direito a voto, além da participação nos dividendos do emissor (assemelha-se a uma ação ordinária no mercado de ações na bolsa de valores);
- *Utility Token* (são sinônimos *User Tokens* e *App Tokens*): confere o direito a uma recompensa em serviços ou produtos do emissor (assemelha-se aos vouchers de *crowdfunding*).

Como exemplo, vamos supor que exista um projeto específico relacionado ao armazenamento de dados em uma rede distribuída. Um *utility token* poderia ser utilizado para permitir o uso de K mega-bytes do serviço por um determinado tempo e este serviço poderia ter um valor associado. Cabe observar que, em última leitura, podemos entender que o Bitcoin e outras AltCoins são *tokens* que representam um determinado poder de consumo.

### 22.3.3 Contratos Inteligentes

Nick Szabo, cientista da computação, em 1994 apresentou o conceito de contrato inteligente como uma forma de reduzir ambiguidade e automatizar relações jurídicas. Essas ideias foram a base para Vitalik Buterin em 2014, na época estudante na universidade de Waterloo no Canadá, levar esse conceito para um novo patamar ao publicar o *White Paper “A Next-Generation Smart Contract and Decentralized Application Platform”* e implementá-lo em um projeto de blockchain chamado Ethereum (BUTERIN, 2014).

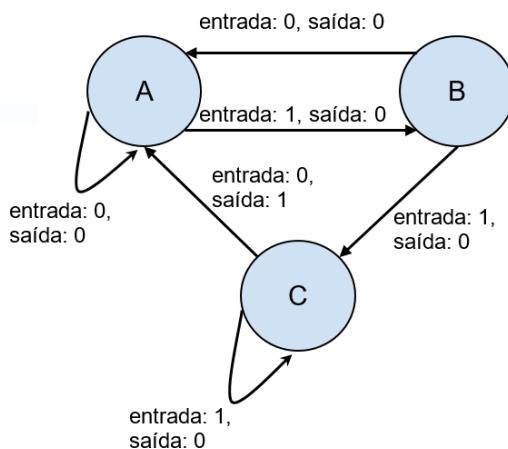
Um contrato inteligente pode ser entendido como um agente autônomo armazenado em uma blockchain, onde o contrato é enviado da mesma forma que uma transação. Assim, ele deve ser aprovado pelos nós da rede de acordo com o seu mecanismo de consenso. Uma vez criado, o contrato inteligente é identificado por um endereço para que possa ser chamado por outros sistemas, usuários e até mesmo por outros contratos inteligentes.

Esse contratos são caracterizados não só por sua imutabilidade, descentralização e transparência, que são características de um blockchain, mas também pela ausência de ambiguidade, uma vez que precisam ser interpretados pela máquina, característica que geralmente pode ser encontrada e explorada em contratos tradicionais. O contrato inteligente é um código como outro qualquer, que será executado exatamente da forma em que foi programado. Normalmente este código é do tipo: se (condição satisfeita) então (ação).

Assim, uma vez disponível na rede, o contrato não pode ser modificado, ou sofrer qualquer intervenção em sua execução, a única opção possível é de parar o contrato caso uma função kill tenha sido programada, dessa forma o contrato deixará de existir assim que essa função for chamada. Assim, contratos inteligentes não podem ser alterados depois de serem enviados para uma plataforma, garantindo que nenhuma cláusula do contrato seja alterada. Com base nisso, torna-se extremamente necessário realizar testes antes de enviar um contrato para uma plataforma, pois todos os casos possíveis devem ser cobertos por testes para que não ocorra nenhum problema ou desvio de valores durante a sua execução.

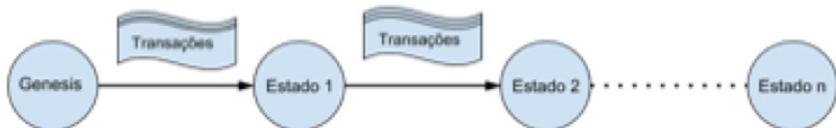
A partir do momento em que um contrato está disponível na rede, qualquer pessoa poderá utilizá-lo. Entretanto, como a manutenção da

blockchain pode demandar alto poder computacional, normalmente há um custo para enviar e executar os contratos a fim de cobrir os gastos energéticos requeridos pela plataforma distribuída. Esse custo de execução recai sobre quem chama um contrato inteligente e é baseado na complexidade do contrato. Um contrato com baixa complexidade tem o seu custo de execução mais baixo e normalmente é mais fácil de ser interpretado por outros desenvolvedores, ou até mesmo por pessoas que não são da área técnica, favorecendo a transparência do ponto de vista do entendimento do que é executado no contrato. Por outro lado, um contrato de alta complexidade proporcionará um alto custo a quem for executá-lo e poderá dificultar o entendimento de sua execução. Além disso, tomada a blockchain do Ethereum para um entendimento mais profundo, essa é basicamente uma máquina de estados Turing completa baseada em transações. Uma máquina de estados é definida como algo que através de um conjunto de entradas e transições irá se transformar em um novo estado, conforme é mostrado na Figura 22.7.



**Figura 22.7** Exemplo de máquina de estados.

Na representação de uma máquina de estados do Ethereum o primeiro estado é chamado de “estado genesis”, ou marco zero, estado anterior à execução qualquer transação. Ao executar uma transação, esse marco zero sofre uma transição para algum estado final e esse estado final sempre representará o estado atual do Ethereum, conforme ilustrado na Figura 22.8.



**Figura 22.8 Exemplo de máquina de estados no Ethereum.**

Dessa forma, o domínio dos conceitos de engenharia de software e análise de algoritmos são essenciais para a construção de contratos com menos falhas e mensuração do valor de execução de forma justa conforme a complexidade exigida pelo domínio da aplicação (DESTEFANIS *et al.*, 2018).

A Figura 22.9 ilustra o acordo entre duas partes em forma de contrato inteligente, onde o contrato executa suas funções, como por exemplo o disparo de pagamento em uma data pré-determinada contida em uma cláusula do contrato. Nesse caso as partes podem utilizar um contrato inteligente já instanciado na plataforma Ethereum ou um deles pode criar um novo contrato e enviá-lo para a plataforma, para o exemplo em questão assumimos que um novo contrato foi criado.



**Figura 22.9 Exemplo de aplicação de um contrato inteligente.**

Em relação à segurança, a segurança trazida pelo mecanismo de consenso é baseada na suposição de que mineradores honestos sejam racionais, ou seja, que é mais fácil seguir o protocolo estipulado pelo mecanismo de consenso do que tentar realizar um ataque (ATZEI *et al.*, 2017).

Existem algumas plataformas para implementar contratos inteligentes, entre elas: Ethereum, Hyperledger, EOS e NEO. Por ser uma tecnologia ainda muito recente, muitos aspectos políticos, como a regulamentação e o reconhecimento por parte das principais organizações mundiais, e também técnicos ainda tem espaço para evolução.

#### 22.3.4 Gestão de Identidade e Proveniência

A tecnologia blockchain pode trazer benefícios também do ponto de vista de gestão de identidade. Por exemplo, em relação à colaboração internacional, onde uma base única de dados poderia disponibilizar informações criptografadas dos cidadãos. Algo análogo ao passaporte, onde a utilização dessa informação apenas será possível caso a chave privada do usuário seja informada. Imagine o cenário onde passaportes, documentos de identidade, carteiras de motorista sejam substituídos por um simples QR Code onde a validação é feita através de uma chave privada. Não seria mais importante carregar ou se preocupar com esses documentos físicos. A Figura 22.10 exemplifica o uso do QR Code juntamente à chave privada, resultando no documento descriptografado.



**Figura 22.10** Exemplo de uso de identidade.

No cenário atual é difícil listar com exatidão quais empresas tem nossas informações à disposição como lojas online, bancos, hospitais e outras empresas de prestação de serviço. Com isso, quando um dado confidencial é vazado, é difícil dizer com exatidão qual a fonte de dados foi responsável pelo ocorrido. Outro ponto importante a ser destacado sobre o assunto é a centralização dos dados, cada serviço

armazena os dados da forma que considerar melhor, portanto o nível de exposição dos dados é bastante elevado a depender da quantidade de serviços *on-line* utilizados. Por outro lado, com a descentralização oferecida intrinsecamente pela tecnologia blockchain, esse grau de exposição e de vulnerabilidade é diminuído, visto que o ataque a uma rede descentralizada exige uma maior coordenação e um maior poder computacional como visto nas seções anteriores.



#### Definição: QR Code

QR Code (sigla do inglês Quick Response - resposta rápida em português) é um código de barras bidimensional que pode ser facilmente escaneado usando a maioria dos telefones celulares equipados com câmera. Esse código é convertido em texto, podendo conter, por exemplo, um endereço URI, um número de telefone, uma localização georeferenciada ou um e-mail.

Já sobre a ótica de proveniência, o projeto Everledger Diamonds Platform<sup>9</sup> exemplifica o assunto de forma simples. O projeto foi criado com o intuito de identificar todas as etapas da produção de diamantes, desde a extração até a chegada ao consumidor final. Dessa forma, todos os passos da cadeia produtiva são armazenados em uma blockchain para que o consumidor final tenha a garantia de que ele está comprando um produto que não foi falsificado ou até mesmo roubado, pois todas as transações do produto estão armazenados de forma imutável na blockchain do projeto.

É fácil imaginar um processo similar sendo aplicado a outros produtos que são passíveis de falsificação e/ou para os quais se queira informações de proveniência que permitam entender como foram realizadas as etapas do seu processo de produção. No caso de vinhos, por exemplo, poderia se saber com exatidão a partir do rótulo informações da colheita ao engarrafamento.

#### 22.3.5 Transparência Pública

A sociedade demanda cada vez mais por transparência. A sanção da lei da transparência no Brasil, em 2010, é prova de um esforço contínuo de cidadãos preocupados com o destino de impostos e recursos públicos e sua posterior aplicação por agentes do governo. No contexto

<sup>9</sup> <https://diamonds.everledger.io>.

brasileiro, os esforços em transparência se tornam mais prementes pelo desencadeamento de diversos escândalos de corrupção ao longo dos anos e pela frequentemente distorcida distribuição de recursos públicos, nem sempre priorizando os reais interesses da população.

A tecnologia blockchain pode ser empregada para o monitoramento de gastos na gestão pública, habilitando, por exemplo, a visualização de toda a cadeia de transações desencadeada desde o pagamento de um imposto até sua aplicação. De fato, a tecnologia blockchain já tem sido utilizada na gestão pública. O governo sueco, por exemplo, experimenta blockchain como um meio para alcançar agilidade no processo de registro de terrenos<sup>10</sup>. Utilizando uma rede blockchain privada, envolvendo apenas nós autorizados, cópias de registros são compartilhados por bancos e agentes imobiliários. Assim, cada passo no processo de compra de uma propriedade pode ser auditado na rede blockchain, onde o acesso aos registros pode ser feito por qualquer nó. Com base na transparência provida pela blockchain, o objetivo do governo é reduzir o risco de fraudes.

## 22.4 Considerações finais

A tecnologia blockchain se caracteriza por prover a imutabilidade dos dados, descentralização, alta disponibilidade, transparência e segurança. Assim, o uso dessa tecnologia permite desenvolver aplicações com as características supracitadas. Como vimos, a tecnologia tem sido utilizada para criar soluções disruptivas que beneficiam diferentes áreas de negócio. Contratos inteligentes e moedas digitais que transcendem barreiras físicas entre países, investimento em projetos além das fronteiras com tokens que podem ser aproveitados como crédito para a utilização de um determinado serviço, transparência na gestão pública, rastreamento de proveniência, seguros regulados por objetos conectados. Nesse tema é possível dar asas à imaginação.

Essas aplicações podem empregar a tecnologia de forma customizada de acordo com o uso pretendido. Essas customizações podem envolver, por exemplo, a definição do tipo de blockchain (público, privado ou híbrido) e do tipo de mecanismo de consenso a ser utilizado

---

<sup>10</sup> “Sweden Trials Blockchain for Land Registry Management”. Disponível em: <http://www.computerweekly.com/news/450421958/Sweden-trials-blockchain-for-land-registry-management>.

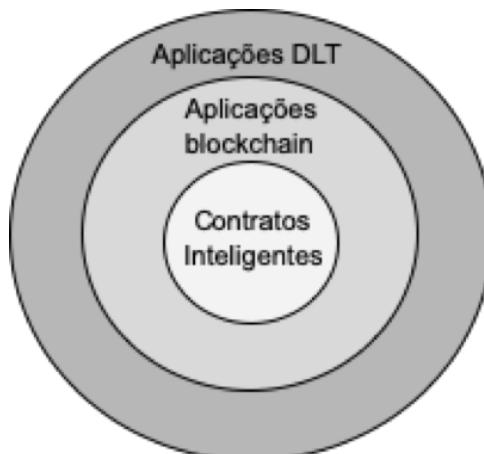
(PoW, PoS, entre outros). É importante ressaltar que o desempenho das aplicações criadas na tecnologia é fortemente dependente do mecanismo de consenso adotado. A estimativa de gasto energético da rede do bitcoin, que utiliza o algoritmo *proof of work* é de 14 gigawatts até 2020. Tendo isso em vista, as pesquisas sobre outros mecanismos mais econômicos estão ganhando cada vez mais espaço nos projetos que utilizam a tecnologia blockchain.

Cabe ressaltar que a tecnologia blockchain ainda não é madura o suficiente para que seja integrada de forma simples aos sistemas existentes. Mesmo com os padrões de tecnologia existentes e aplicados atualmente, duas redes blockchain não se comunicam de forma trivial. Recentemente algumas iniciativas têm surgido visando padronização. A mais notável é a criação do comitê técnico da ISO, ISO/TC 307<sup>11</sup> (*Blockchain and distributed ledger technologies technical committee*), com o objetivo de desenvolver padrões para a tecnologia blockchain. O objetivo principal desse comitê é viabilizar o aumento de interoperabilidade e troca de dados entre usuários, aplicações e sistemas.

Além disso, a tecnologia blockchain pode ser considerada como uma *Distributed Ledger Technology* (DLT), ou seja, uma tecnologia baseada em um livro razão distribuído. Portanto, blockchain é apenas uma DLT e diversas tecnologias podem surgir baseadas nesse conceito, preservando a essência de conter as características de uma aplicação imutável, transparente e distribuída, mas não necessariamente implementada como uma cadeia de blocos. De forma geral podemos organizar essas tecnologias de acordo com a Figura 22.11, onde é mostrado que os contratos inteligentes estão contidos no grupo de aplicações blockchain, que por sua vez estão contidos na classificação de aplicações DLT.

---

<sup>11</sup> <https://www.iso.org/committee/6266604.html>.



**Figura 22.11** Classificação das tecnologias.

Outro aspecto relevante é a necessidade de evolução de métodos de engenharia de software, incluindo boas práticas de testes e segurança, para adaptá-las de forma mais séria as características únicas de blockchains (CHAKRABORTY *et al.*, 2018). De maneira geral, acreditamos que a tecnologia fornece um frutífero terreno para pesquisas em diferentes áreas da computação, como engenharia de software, redes de computadores e sistemas de informação.

## 22.5 Leituras recomendadas

- **Bitcoin Wiki** (BITCOIN WIKI, 2018). A wiki do Bitcoin apresenta conceitos fundamentais e regras implementadas na rede blockchain utilizadas para o processamento de transações na criptomoeda bitcoin. A wiki é mantida pela comunidade Bitcoin e é constantemente atualizada, servindo como referência para mudanças implementadas na rede.
- **ECOA PUC-Rio** (disponível em <http://www.puc-rio.br/eco>). Blockchain tem sido pauta frequente da iniciativa ECOA PUC-Rio onde se discutem, em parceria com empresas e focando em suas reais necessidades, soluções disruptivas para diversas áreas de negócio. Diversos vídeos da iniciativa, de acesso gratuito, abordam a tecnologia e suas aplicações.
- **IBM Blockchain for Dummies** (GUPTA, 2017). O livro apresenta conceitos introdutórios sobre blockchain, processamento de transações e mecanismos de consenso. Voltado para profissionais

que buscam um primeiro contato com a tecnologia blockchain, pode servir como um primeiro passo de estudo no assunto.

- **Mastering Blockchain** (BASHIR, 2017). O livro aborda os conceitos de blockchain e contratos inteligentes e serve como uma referência adicional a respeito destes assuntos.

## 22.6 Atividades sugeridas

1. Com base na leitura do capítulo, defina blockchain.
2. Recapitule os conceitos básicos de Blockchain apresentados no capítulo (arquitetura, bloco, descentralização, integridade e transparência).
3. Qual a diferença entre uma blockchain pública, privada e híbrida? Em que situações faria uso de cada uma?
4. O que é um mecanismo de consenso blockchain? Como este conceito está relacionado com a segurança? E com o consumo de energia e sustentabilidade? Responda refletindo ao menos sobre o funcionamento dos mecanismos *Proof of Work* e *Proof of Stake*.
5. O que é um contrato inteligente? Para que são utilizados (cite exemplos de aplicação)? Quais são suas características?
6. Pesquise a respeito de aplicações da tecnologia blockchain para cada uma das seguintes áreas de negócio: agricultura, cidades inteligentes, finanças, gestão pública e saúde. Busque compreender os benefícios e as implicações que blockchain oferece para as aplicações encontradas. Registre as aplicações, os benefícios e as implicações para subsidiar a discussão dos resultados.
7. Utilize sua criatividade e pense em aplicações da tecnologia blockchain que possam trazer potenciais benefícios para a sociedade. Pense tanto no benefício social quanto na razão pela qual blockchain seria uma escolha adequada para alcançar o benefício pretendido e as implicações. Registre as aplicações, os benefícios e as implicações para subsidiar a discussão dos resultados.
8. Considerando que o modelo econômico baseado em criptomoedas prospere, transações (eventualmente anônimas) e descentralizadas

tralizadas, sem o envolvimento de entidades governamentais, poderiam dificultar a arrecadação de impostos. Pense em soluções alternativas para permitir que este modelo não afete os serviços básicos oferecidos à população (como saúde, educação, transporte público, saneamento básico e aposentadoria). Registre as soluções para subsidiar a discussão dos resultados.

**Observação:** As atividades 6 a 8 podem ser realizadas em grupos de até 5 pessoas, idealmente no contexto de uma sessão de brainstorm, em que cada grupo registra seus resultados em *post-its*. Um roteiro exemplo para a realização deste tipo de dinâmica segue.

#### **Preparação (~5 a 10 min):**

- Explicar como funcionará a sessão (instrutor);
- Ler o enunciado da atividade (instrutor) e motivar a temática;
- Distribuir *post-its* (instrutor);

#### **Sessão de Brainstorming (~15 a 30 min):**

- Registrar resultados no *post-it* e colar no quadro da sessão (cada um dos grupos);
- Gerar quantas ideias for possível (cada um dos grupos);
  - Deixar a imaginação livre;
  - Não admitir críticas;

#### **Ajuste dos Resultados (~10 a 20 min):**

- Leitura e agrupamento de resultados próximos (instrutor junto com os grupos);
- Consenso dos resultados finais da sessão (um possível método para alcançar o consenso é a votação).

## **Referências bibliográficas**

A.S. TANENBAUM, “Computer Networks”, 5th Edition, Pearson Education, 2010.

B. SCHNEIER, “Applied cryptography: protocols, algorithms, and source code in C”, 20th Anniversary edition, Wiley, 2015.

BITCOIN WIKI, “The Bitcoin Wiki”, mantido pela comunidade Bitcoin, 2018. Disponível em <https://en.bitcoin.it/> (último acesso em 27/07/2018).

BITSHARES 4.0. OSS Solutions for finance an business management. Disponível em: <https://bitshares.org>. Acesso em: 17 set. 2020.

COINMARKETCAP. Top 100 Cryptocurrencies by Market Capitalization. Disponível em: <http://www.coinmarketcap.com>. Acesso em: 17 set. 2020.

COMPUTERWEEKLY.COM. Sweden trials blockchain for land registry management. Disponível em: <https://www.computerweekly.com/news/450421958/Sweden-trials-blockchain-for-land-registry-management>. Acesso em: 27 jul. 2018.

ECOA PUCRIO. Educação Experimentação Projetos. Disponível em: <http://www.puc-rio.br/ecoа>. Acesso em: 17 set. 2020.

EVERLEDGER. Industry challenges. Disponível em: <https://www.everledger.io/industry-solutions/diamonds/>. Acesso em: 17 set. 2020.

G. DESTEFANIS, M. MARCHESI, M. ORTU, R. TONELLI, A. BRACCIALI, R.M. HIERONS, “Smart contracts vulnerabilities: a call for blockchain software engineering?”, International Workshop on Blockchain Oriented Software Engineering, Campobasso, Italy, 2018.

I. BASHIR, “Mastering Blockchain - Distributed ledgers, decentralization and smart contracts explained”, Packt Publishing, 2017.

INOVAÇÃO e Multidisciplinaridade | Hugo Fuks abre o ECOA PUCRIO: Blockchain. Rio de Janeiro: Ecoal Pucrío, 2017. Son., color. Disponível em: [https://www.youtube.com/watch?v=Oru2pCbKXEw&list=PLRA-1zO\\_zcoElg9vRz45hJObNUPXTZiMqc](https://www.youtube.com/watch?v=Oru2pCbKXEw&list=PLRA-1zO_zcoElg9vRz45hJObNUPXTZiMqc). Acesso em: 17 set. 2020.

LACNIC. Registro de Direcciones de Internet de América Latina y Caribe. Disponível em: <https://www.lacnic.net>. Acesso em: 17 set. 2020.

LISK. Blockchain Application Platform. Disponível em: <https://lisk.io>. Acesso em: 17 set. 2020.

M. GUPTA, “Blockchain for dummies”, IBM Limited Edition, John Wiley & Sons, 2017.

N. ATZEI, M. BARTOLETTI, T. CIMOLI, “A survey of attacks on ethereum smart contracts (sok)”, In: Principles of Security and Trust (pp. 164-186), 2017.

NEM BLOCKCHAIN. Because togheter, everything is possible. Disponível em: <https://nem.io>. Acesso em: 17 set. 2020.

P. CHAKRABORTY, R. SHAHRIYAR, A. IQBAL, A. BOSU, “Understanding the Software Development Practices of Blockchain Projects: A Survey”, ACM/IEEE International Symposium on Empirical Software Engineering and Measurement (ESEM), Oulu, Finland, 2018.

REGISTRO.BR. Nic.br. Disponível em: <https://registro.br>. Acesso em: 17 set. 2020.

RIPPLE. Instantly move money to all corners of the world. Disponível em: <https://ripple.com/>. Acesso em: 17 set. 2020.

S. NAKAMOTO, “Bitcoin: A peer-to-peer electronic cash system”, artigo original de Satoshi Nakamoto sobre Bitcoin, 2008. Disponível em <https://bitcoin.org/en/bitcoin-paper> (último acesso em 27/07/2018)

S. PORRU, A. PINNA, M. MARCHESI, R. TONELLI, “Blockchain-oriented Software Engineering: Challenges and New Directions”, International Conference on Software Engineering (Companion Volume), 169–171, Buenos Aires, Argentina, 2017.

S.M.B.M. MORENO; G.M. ARANTES-JR; J.N. ALMEIDA-JR; M.T. ONODERA; V.R.S. ALMEIDA, “Improving the Process of Lending, Monitoring and Evaluating through Blockchain Technologies”, IEEE International Conference on Blockchain (Blockchain 2018), Halifax, Canada, 2018.

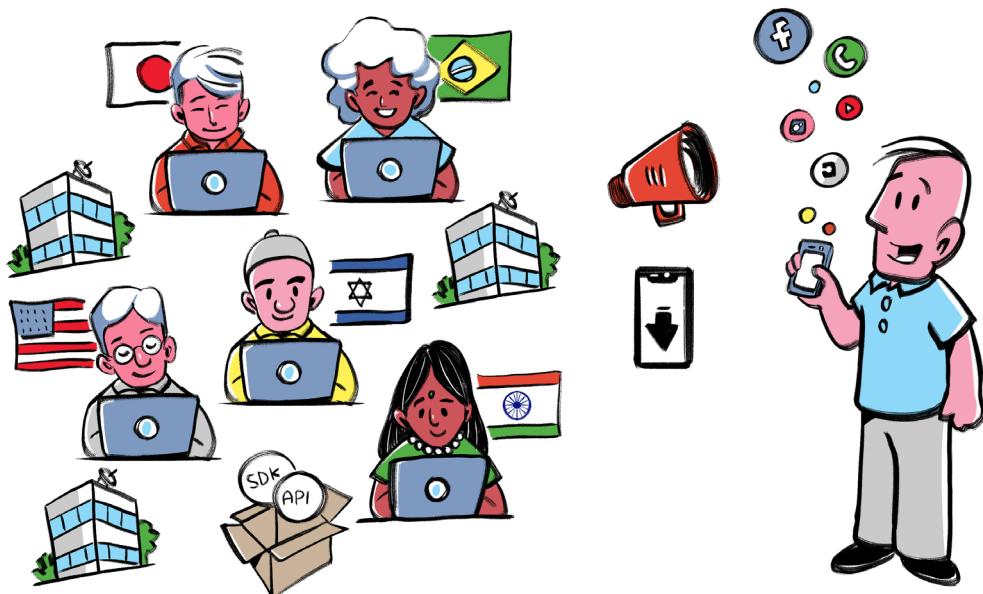
V. BUTERIN, “A next-generation smart contract and decentralized application platform”, White paper, 2014.

X. XU, C. PAUTASSO, L. ZHU, V. GRAMOLI, A. PONOMAREV, A.B. TRAN, S. CHEN, “The Blockchain as a Software Connector.” 13th Working IEEE/IFIP Conference on Software Architecture (WICSA), Venice, Italy, 2016. DOI:10.1109/wicsa.2016.21.

Z. ZHENG, S. XIE, H.N. DAI, H. WANG, “Blockchain challenges and opportunities: A survey”, International Journal of Web and Grid Services (in press), 2016.

# 23. Ecossistemas de software

Rodrigo Santos  
Awdren Fontão  
Juliana Fernandes



Após a leitura desse capítulo, você deverá ser capaz de:

- Conhecer a origem dos ecossistemas de software e seus conceitos;
- Identificar as características de um ecossistema de software em torno de uma plataforma;
- Identificar os tipos, os elementos e as dimensões de um ecossistema de software;
- Reconhecer as áreas de investigação que possibilitem a pesquisa em ecossistemas de software.

## 23.1 Introdução

A adoção de alguma tecnologia da informação (TI) no cotidiano de cada um de nós faz com o que a sociedade conheça e participe das transformações digitais da atualidade ativamente. Com o advento da Internet, vimos nossas relações pessoais se modificarem, utilizamos as redes sociais para expressar e organizar nossa rotina com a utilização de equipamentos eletrônicos como celulares ou *tablets*, além de também percebermos novas relações de trabalho sendo construídas por meio dos nossos computadores.

Nesse sentido, os sistemas de informação (SI) impulsionam pessoas, organizações e governos a estabelecerem relações que impactam a sociedade, os negócios, a economia e a política. Segundo Boehm (2006), o ritmo crescente de mudanças na indústria global está levando as organizações a aumentarem os níveis de agilidade em seus métodos de desenvolvimento de software, enquanto seus produtos e serviços são cada vez mais intensivos em software. Mais especificamente no contexto de SI, software é uma questão chave para organizações. Santos e Werner (2011) consideram que o software tem representado um elemento crucial para a maioria dos sistemas existentes, uma vez que afeta funções, recursos e riscos em diferentes setores da indústria. As funções, os recursos e os riscos abordados pelos autores são impactados pelo conjunto de relações estabelecidas em um determinado contexto.

Por sua vez, a Engenharia de Software (ES) lida com ferramentas, técnicas e metodologias que auxiliam o desenvolvimento de software, mas também vem aprimorando sua pesquisa teórica e prática na qual requer mais engenheiros de software que enfoquem o sistema como um todo (*software, hardware e peopleware*) (BOSCH, 2009). Sistemas cada vez mais complexos necessitam de profissionais com habilidades de trazer para o projeto, desenvolvimento e pesquisa em ES uma abordagem ampla, que busque contemplar importantes aspectos das relações tecnológicas e socialmente dinâmicas nas quais o software está inserido. Segundo Santos (2016), para ajudar as equipes de gerenciamento de TI a realizar suas atividades diárias em uma rede de fornecimento de software, mais especificamente na demanda e na análise de soluções, o conceito de Ecossistemas de Software (ECOS) tem sido explorado na ES.

### Peopleware



Compreende as pessoas que trabalham direta ou indiretamente com a área de tecnologia da informação, processamento de dados e atuam em áreas afins.

Muito embora o termo *ecossistema* tenha sua origem na Ecologia, escolas das áreas de Administração e Economia têm utilizado o conceito para descrever uma nova forma de observar certas redes de negócios desde o começo dos anos de 1990 (MOORE, 2006). Para Bosch (2009), ECOS consiste em um conjunto de soluções de software que permitem, suportam e automatizam as atividades e transações realizadas pelos atores no ecossistema de forma social ou comercial associado às organizações que fornecem essas soluções. ECOS representa uma nova metáfora na área de ES e várias iniciativas de pesquisa foram conduzidas no tema na última década (SANTOS, 2016).

Com esta motivação, este capítulo apresenta a perspectiva de ECOS como uma abordagem que apoie o contexto dos sistemas atuais, mais complexos, no sentido de auxiliar o entendimento sobre como os artefatos em uma plataforma de software podem envolver diferentes *stakeholders* neste processo. Esse contexto também impacta na análise, aquisição e custo de demandas por soluções que atendam necessidades de mercado cada vez mais urgentes.

### Stakeholders

Consistem de todos os envolvidos/interessados direta ou indiretamente em algum processo, projeto ou programa, por exemplo, desenvolvedores, organizações, fornecedores, instituições públicas, órgãos reguladores, clientes, usuários finais, entre outros.



Neste capítulo, abordamos a origem, definições e conceitos sobre ECOS, os tipos, características e exemplos. Apontamos os elementos que compõem um ECOS e suas dimensões, além dos desafios e áreas de investigação que envolvem desde estratégias e técnicas para a gestão do conhecimento, saúde, sustentabilidade, qualidade, até governança de desenvolvedores neste contexto.

## 23.2 Origem, definição e conceitos

O termo ecossistemas é comumente relacionado às áreas da Ecologia e da Biologia. Para a Biologia, por exemplo, ecossistema é uma comunidade de organismos vivos (e.g., plantas, animais e microrganismos) em conjunto com componentes não vivos (e.g., ar, água e solo), bem como as suas relações entre si e com o ambiente, interagindo como um sistema (SMITH e SMITH, 2012). Nesse sentido, espécies em um ecossistema interagem umas com as outras por necessidade de se manterem vivas e/ou de se equilibrarem umas às outras em um determinado ambiente. Algumas espécies individualmente se mantêm ou se equilibram exercendo papéis mais dominantes em relação a outras. As interações são pautadas em colaboração e comunicação entre cada membro e entre espécies a fim de preservar a saúde de um ecossistema.

Foi com base nas relações da natureza que o termo ecossistema foi adaptado para comportar a presença do componente tecnológico levando ao que denominamos Ecossistemas Digitais (ECOD), do inglês, *digital ecosystem* (DECO). ECOD é um paradigma emergente para inovação tecnológica, conforme citam Graciano Neto e outros (2017). Boley e Chang (2007) discutem quatro aspectos essenciais destes ecossistemas, são eles: **interação e engajamento, equilíbrio, domínio agrupado e fracamente acoplado e auto-organização**. A partir deles, uma analogia com os ecossistemas biológicos auxilia na definição e entendimento de ECOD. Nesse sentido, Boley e Chang (2007) resumem as características essenciais com base nos conceitos de **agentes** (entidades que se integram a um ambiente ou comunidade com base em seus próprios interesses) e **espécies** (tipos de agentes). Eles então definem ECOD como um ambiente de agente auto-organizador, agrupado por domínio, aberto, vagamente acoplado, onde cada agente de cada espécie é proativo e responsável em relação ao seu próprio benefício/lucro, mas que também é responsável por seu sistema.

Além desta abordagem, Bosch (2009) define um ecossistema humano como um conjunto de atores com suas conexões e atividades, bem como as transações realizadas a partir dessas conexões, considerando tanto fatores físicos como não físicos. Esse tipo de ecossistema pode ser comercial ou social. Para Bosch (2009), no ecossistema comercial, os atores são os negócios, fornecedores e clientes; os fatores são os

bens e serviços. Já os ecossistemas sociais consistem em um conjunto de usuários com conexões sociais e diversas maneiras de compartilhar informação (e.g., conhecimento, soluções, ideias, referências, feedback etc.).

Os ECOS podem ser vistos como uma classe particular de ECOD centrados intensamente em software (GRACIANO NETO *et al.*, 2017) forming new large-scale systems called Systems of Information Systems (SoIS. Santos e outros (2012) consideram que ECOS são uma forma eficaz de construir software a partir de uma plataforma tecnológica comum (e.g., sistema operacional, base de ativos de software etc.), compondo aplicações e tecnologias desenvolvidas por múltiplos atores (desenvolvedores de terceiros, comunidades e organizações).

Segundo Santos e outros (2016), duas definições estão entre as mais citadas pela comunidade de pesquisa em ECOS. A definição de Jansen e outros (2009) considera um ecossistema desse tipo como um conjunto de atores funcionando como uma unidade que interage com um mercado distribuído entre software e serviços, juntamente com as relações entre estas entidades. Tais relações são frequentemente apoiadas por uma plataforma tecnológica ou por um mercado comum e são realizadas pela troca de informação, recursos e artefatos. Já a definição de Bosch (2009) conceitua ECOS como um conjunto de soluções de software que possibilitam, apoiam e automatizam as atividades e transações realizadas por atores a partir de uma dimensão social ou de negócios, e por organizações que provêm estas soluções. O foco está nos aspectos organizacionais dos ecossistemas e nas relações entre as organizações enquanto entidades de software e serviços (SANTOS *et al.*, 2016).

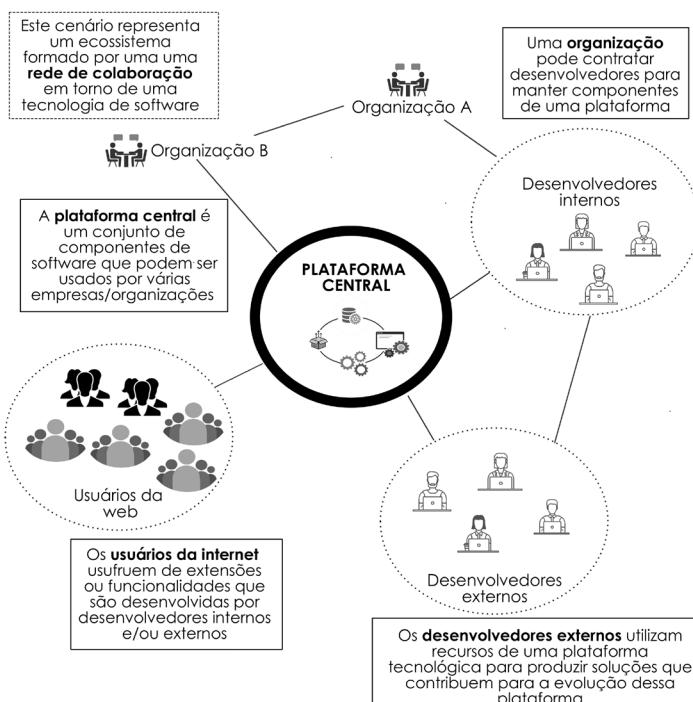
Portanto, podemos considerar que ECOS comprehende uma tecnologia baseada em software ou um conjunto de componentes de software que podem ser usados por várias empresas para que esta utilização sirva para atingir um mesmo propósito. Em meio a muitas definições e com a intenção de ajudar a compreender um ECOS, Manikas e Hansen (2013) apontaram dois conceitos fundamentais:

- Interesse comum em uma **tecnologia de software central**, também conhecida como plataforma tecnológica comum ou apenas plataforma, isto é, um conjunto de sistemas e serviços de software integrados;

- Uma **rede de organizações**, isto é, algum tipo de relacionamento, seja ele simbótico ou de evolução conjunta, ou ainda comercial ou técnica.

Manikas (2016) por meio de um estudo longitudinal da literatura existente sobre ECOS descrevem que em um ECOS a plataforma tecnológica comum pode originar produtos de software que podem cooperar e/ou competir no mercado, ou mesmo outras relações podem ser traçadas entre eles. Considerando esta perspectiva, o desenvolvimento/produção de software não é o único tipo de relação importante.

A cooperação e competição no mercado considera as relações de consumo que serão originadas nesse contexto. Para Jansen e outros autores (2009) essas relações podem ser estabelecidas com desenvolvedores de terceiros, comunidades e/ou outras organizações para promover o desenvolvimento, fornecimento e evolução de componentes em um grande ecossistema criado sobre a plataforma tecnológica comum. Os conceitos de ECOS discutidos estão representados na Figura 23.1.



**Figura 23.1** Conceitos de ecossistemas de software.

### 23.3 Tipos de Ecossistemas de Software e Alguns Exemplos

Considerando a natureza de interações sociais, de negócios e técnicas de ECOS, Santos e outros (2016) identificam três papéis-chaves, conforme ilustra o exemplo na Figura 23.2:

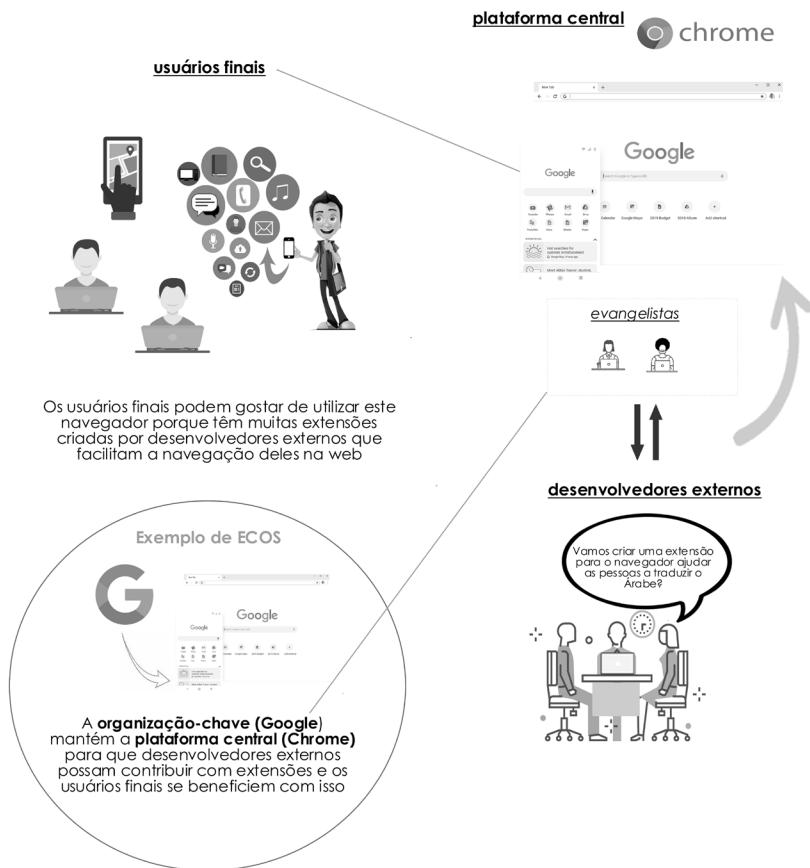
- Organização-chave (*keystone*): uma organização ou grupo que conduz o desenvolvimento da plataforma;
- Usuários finais (*end-users*): representa quem precisa da plataforma para realizar o seu próprio negócio;
- Desenvolvedores externos (*external developers*): utilizam a plataforma como base para produzir soluções ou serviços relacionados.

Outros papéis são discutidos na literatura, como *evangelista* (FONTÃO *et al.*, 2015), que consiste em um profissional da organização-chave que atua no planejamento, execução e análise de ações visando um relacionamento mais próximo com o desenvolvedor. Além dos papéis-chave em ECOS e considerando os tipos de relacionamentos que uma organização pode ter em uma plataforma, cinco tipos de relacionamentos entre atores foram identificados por Manikas e Hansen (2013):

- **Mutualismo:** quando seus atores têm benefícios mútuos;
- **Competição/Antagonismo:** quando seus atores estão em competição direta;
- **Neutralismo:** seus atores não são afetados;
- **Amensalismo:** um ator é afetado enquanto o outro é beneficiado;
- **Parasitismo:** um ator é prejudicado pelo relacionamento.

Além dos papéis-chave e tipos de relacionamentos entre atores, Santos e Werner (2010) identificaram três fatores principais a serem tratados em ECOS:

- **Contribuições:** soluções e serviços de software que são desenvolvidos sobre a plataforma;
- **Transações:** modelos de lucro ou de recompensa, mas também de benefícios não financeiros, tais como reconhecimento e promoção;
- **Relacionamentos:** a forma pela qual as conexões entre os atores acontecem, envolvendo contribuições e transações.



**Figura 23.2** Exemplo do ecossistema Google Chrome considerando os papéis-chave.

### 23.4 Dimensões de ecossistemas de software

como ECOS apresenta muitos conceitos, há taxonomias desenvolvidas que apoiam o entendimento. Bosch (2009), por exemplo, propõe uma das mais conhecidas, que está baseada em duas dimensões: **nível de abstração ou categoria do ECOS** (sistema operacional, aplicação do software e programação de usuário final) e **nível de evolução da indústria de software em termos da plataforma dominante (desktop, web e mobile)**. A seguir descrevemos melhor essas duas dimensões:

**Dimensão baseada no nível de abstração do ECOS:** esta dimensão representa o nível de abstração de ECOS e é dividida em três níveis. O primeiro está relacionado ao *Sistema Operacional*, que representa o ní-

vel no qual um ECOS foi explicitamente identificado e gerenciado, com forte ligação com os dispositivos de hardware. O segundo se relaciona ao nível da *Aplicação do Software*, envolvendo aplicações específicas de domínio, que obtêm sucesso no mercado, evoluindo para uma comunidade de clientes, desenvolvedores terceirizados e financiadores. Já o terceiro representa o “santo graau” das plataformas de software, o nível de *Programação de Usuário Final*, que visa um ambiente de configuração e composição de sistemas voltado para usuários finais.

**Dimensão baseada no nível de evolução da indústria de software:** esta dimensão analisa a evolução da indústria de software em termos da plataforma dominante. Neste sentido, considera-se *Desktop*, *Web* e *Mobile*.

#### Saiba mais sobre Plataformas de Software



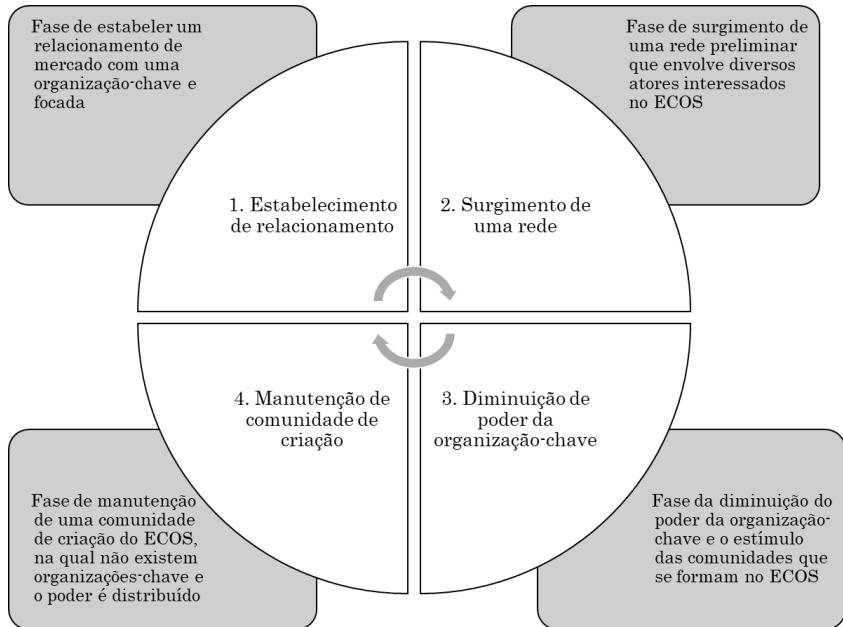
Recomendamos a leitura do artigo seminal para a pesquisa atual sobre ECOS e plataformas intitulado “*From Software Product Lines to Software Ecosystems*” (Bosch, 2009).

Um ECOS, assim como um ecossistema natural, possui um ciclo de vida que, conforme Jansen e outros (2009), é analisado em quatro fases, conforme mostra a Figura 23.3.

Um ECOS vai se formando à medida que atores externos (comunidades) buscam contribuir ao desenvolver funcionalidades, produtos e serviços para uma plataforma, mantida por uma organização-chave. Essa organização, por sua vez, pode se beneficiar com novas possibilidades de parcerias e, em contrapartida, pode proporcionar inovação para uma comunidade.

Cada fase de um ciclo de vida possui atividades específicas que caracterizam o processo evolutivo de um ECOS. Adicionalmente, Santos e Werner (2011) e Santos (2016) apresentam três dimensões críticas para as transações realizadas durante o ciclo de vida de um ECOS, como mostra a Figura 23.4.

Conforme Santos e Werner (2011), a dimensão transacional é regida pelos fatores: visão do ambiente, inovação e planejamento estratégico. Enquanto isso, a dimensão social é dirigida por três fatores: utilidade, promoção e ganho de conhecimento. Por fim, a dimensão técnica é constituída pelos fatores: infraestrutura de desenvolvimento, governança e gestão de requisitos.



**Figura 23.3 Fases do ciclo de vida de um ECOS.**

Fonte: Jansen et al., 2009.

Dimensão voltada para cuidar da colaboração ou competitividade, das expectativas dos envolvidos e do impacto na produtividade do seu ambiente

## TRANSACIONAL

## TÉCNICA

Dimensão voltada para cuidar da abertura das plataformas e do envolvimento de atores externos

## SOCIAL

Dimensão voltada para cuidar da abertura da organização como um todo, das comunidades ao redor da plataforma e do desenvolvimento colaborativo

**Figura 23.4 Dimensões críticas para transações no ciclo de vida de ECOS.**

Fonte: Santos e Werner, 2011.



### Quais casos reais de ECOS que você já identificou até aqui?

**atividade** A partir do conteúdo exposto até aqui, acreditamos que você deva estar mapeando vários casos reais de ECOS e, em alguns deles, você deve participar direta ou indiretamente com algum papel no ecossistema. Quais você já percebeu? Liste os casos reais e identifique os atores, papéis e relacionamentos existentes a partir de pesquisas na web.

## 23.5 Áreas de investigação em ecossistemas de software

há algumas áreas que concentram as investigações dentro do contexto de ECOS, são elas: saúde e sustentabilidade, qualidade, simulação e governança.

### 23.5.1 Saúde e Sustentabilidade

O conceito de saúde de ecossistemas começou a ser abordado como um modo de medir o desempenho de um ecossistema de negócios. A literatura técnica faz analogias com *Ecossistemas Naturais* e aproveita termos dos *Ecossistemas de Negócios*. Em ecossistemas naturais, um ecossistema saudável é definido como estável e sustentável, mantendo sua organização e autonomia sobre o tempo e a sua capacidade de resistir ao estresse (SCHAEFFER *et al.*, 1988). Essa sustentabilidade está relacionada a capacidade de aumentar ou manter a comunidade de desenvolvedores durante o tempo e sobreviver a mudanças.

Já em *Ecossistemas de Negócios*, que é a área que mais inspira a literatura técnica de ECOS, o conceito de saúde é definido como a habilidade de prover oportunidades de crescimento duráveis para seus membros e aqueles que dependem deste ecossistema (MANIKAS e HANSEN, 2013). Para medir o quanto um ecossistema de negócios é saudável, Iansiti e Richards (2006) definem os seguintes indicadores:

- **Produtividade:** é a habilidade para criar energia. Pode ser medida por meio do fator total de produtividade, melhoria de produtividade por meio do tempo e entrega de inovações (habilidade do ecossistema de se adaptar e entregar aos seus membros novas tecnologias, processos e até mesmo ideias);
- **Robustez:** é a habilidade do ecossistema de sustentar perturbações e desligamentos. É medida por meio de persistência

da estrutura do ecossistema (a capacidade de manter os relacionamentos), previsibilidade (a capacidade do núcleo de um ecossistema permanecer sólido mesmo acontecendo um ruído entre o relacionamento dos envolvidos), obsolência limitada (a capacidade de controlar a utilidade de componentes e tecnologia), continuidade da experiência de uso e casos de uso (a capacidade dos produtos evoluírem em resposta a mudança em tecnologias);

- **Criação de Nicho ou Inovação:** é a habilidade do ecossistema aumentar significativamente a diversidade de envolvidos durante o tempo. É medida por meio de crescimento na variedade da companhia e crescimento na variedade técnica e de produto (criação de valor), que mede o aumento no valor que o crescimento traz.

Destes indicadores abordados na literatura técnica, pode ser destacada a qualidade do produto como sendo um fator influente na saúde de um ECOS, inclusive como forma de atração para novos usuários e desenvolvedores. Isso poderia fomentar o ânimo tanto da comunidade de desenvolvedores quanto de usuários, criação de inovações e a medição da saúde do ECOS a partir da saúde dos elementos que o compõem.

Uma avaliação apropriada de medições em ECOS como a saúde impulsiona e suporta ações de melhoria e correção no ECOS. Isto requer uma entidade de gerenciamento que deve ter a responsabilidade de aplicar mudanças tanto no aspecto de negócio como no aspecto técnico (MANIKAS e HANSEN, 2013). Essa entidade deve ser um dos elementos que compõem o ECOS.

### 23.5.2 Qualidade

Com uma ampla atuação de atores externos à organização-central que provê a plataforma, como *startups* e desenvolvedores independentes (MIRANDA *et al.*, 2014), o desafio da qualidade em ECOS vem se tornando uma questão importante (AXELSSON *et al.*, 2014). De acordo com Barbosa e outros (2013), a questão da qualidade não tem sido definida ou tratada especificamente para ECOS, mas a maneira pela qual a qualidade é medida vem sendo uma preocupação real. As primeiras iniciativas para discutir qualidade em ECOS foram voltadas para a avaliação das contribuições dos atores, o que é crucial para o desenvolvimento e evolução da plataforma (HMOOD *et al.*, 2010).

Na presença de uma organização-chave, fatores adicionais são percebidos, como o nível de controle e poder sobre o ECOS (JANSEN *et al.*, 2009). Por exemplo, para um ECOS fechado, como o ECOS iPhone, a organização-chave tem controle para garantir que as contribuições atendam a um padrão de qualidade mínimo exigido pelo canal de distribuição (*Apple Store*). Já em um ECOS aberto, como o ECOS MySQL/PHP, onde os atores têm acesso ao código fonte e às bases de conhecimento relacionadas, o controle de qualidade é mais difícil de ser gerenciado e garantido, considerando atores externos desconhecidos.

Além disso, a qualidade em ECOS não tem se restringido à visão dos processos e dos produtos, mas explora a visão de saúde e de prosperidade (FOTROUSI *et al.*, 2014). Manikas e Hansen (2013) mostram que qualidade é entendida como saúde do ECOS, ou seja, o grau com que um ECOS oferece oportunidades para colaboradores e para os que dele dependem. Por exemplo, Dhungana e outros (2010) discutem dois indicadores: **sustentabilidade**, capacidade do ECOS aumentar ou manter a comunidade de colaboradores diante do aparecimento de tecnologias/produtos de competidores e **diversidade**, capacidade do ECOS envolver diferentes colaboradores ao prover uma plataforma que apoie diferentes produtos, linguagens, dispositivos e perfis.

Hartigh *et al.* (2006) apresentam três categorias de indicadores já descritas na Seção 5.1: **produtividade**, capacidade do ECOS adaptar e entregar novas tecnologias, processos e ideias aos seus participantes; **robustez**, capacidade do ECOS sustentar a sua rede de relacionamentos e manter a arquitetura da plataforma estável; e **criação de nicho**, capacidade do ECOS inovar ou propiciar que a sua comunidade o faça.

Vale ressaltar que, diferente do processo de desenvolvimento de um único produto, em ECOS não há separação entre o desenvolvimento da plataforma e dos projetos sobre ela (CATALDO e HERBSLEB, 2010). Isto requer processos de gestão distribuídos que ampliam a forma de avaliar a capacidade e maturidade dos processos dos atores do ECOS (SANTOS e WERNER, 2012). Logo, é importante investir em estratégias que apoiem: (1) coordenação de diferentes atores e sua comunicação no ECOS (FARIAS JUNIOR *et al.*, 2013); (2) técnicas para melhorar a experiência (FONTÃO *et al.*, 2014) e motivação (MIRANDA *et al.*, 2014) dos colaboradores; (3) guias e padrões para certificação das contribuições dos atores (MAIA *et al.*, 2013); e (4) identificação dos requisitos nos projetos do ECOS (VALENÇA *et al.*, 2013).

Para garantir a qualidade em ECOS, apresentamos alguns desafios a seguir conforme descrito por Santos e outros (2014). Eles estão classificados com base nas categorias utilizadas em desenvolvimento distribuído de software. Audy e Prikladnicki (2008) orientam seguir as categorias: processos de software, infraestrutura, pessoas ou recursos humanos, gerenciamento e comunicação.

**Categoria 1 – Processos de software e padrões:** como responsável pela gestão da plataforma e do ecossistema em torno dela, a organização-chave deve rever seus processos de software para melhorar a experiência dos colaboradores do ECOS e estabelecer controles adequados aos diferentes tipos de atores. Isso envolve disseminar boas práticas e padrões arquiteturais para garantir a consistência das integrações dos produtos no ECOS. Por exemplo, *frameworks* e bibliotecas de desenvolvimento ou sistemas integradores que funcionem como mecanismos para garantir o pleno funcionamento das soluções geradas são fundamentais.



#### Framework

É um conjunto de recursos técnicos que colaboram para executar um conjunto de responsabilidades para um domínio de software.

**Categoria 2 – Aspectos sociais e gestão do conhecimento:** o conhecimento circulante entre a plataforma e os produtos ao redor influencia o processo de aquisição de tecnologias pela organização-chave. A diversidade dos elementos que compõem o ECOS e as contribuições intelectuais dos diferentes atores devem ser aproveitadas adequadamente pelos projetos e pela plataforma por meio de diferentes estratégias de captura de conhecimento. Adicionalmente, é importante que a credibilidade de um colaborador seja verificada por meio de certificações ou processos de seleção de parceiros segundo às particularidades de ECOS.

**Categoria 3 – Governança:** uma estratégia de gestão deve ser estabelecida pela organização-chave e comunicada aos demais atores. Sob a ótica de gestão de requisitos, requisitos de qualidade e de integração devem ser identificados e difundidos, visando ainda a inovação pela comunidade e ajudando na criação de nicho. Além disso, atividades de governança de ECOS podem auxiliar na identificação de atores e

artefatos críticos para a plataforma, internos e externos. A organização-chave deve ainda estabelecer orientações quanto a atividades de teste pelos colaboradores para garantir confiabilidade e segurança de seus produtos para diferentes plataformas de ECOS. Por fim, colaboradores precisam analisar e/ou comparar a saúde de diferentes ecossistemas de interesse para tomar decisões nos projetos de suas contribuições para a plataforma.



**atividade**

### E sua opinião sobre a qualidade em ECOS?

Sabemos que o conceito de qualidade e a sua percepção são bem abrangentes e fontes de discussão. Agora é o momento de você refletir sobre o que percebe como qualidade no contexto de ECOS a partir das categorias e indicadores apresentados. Para isto, utilize um dos ECOS que você identificou ao exercitar a atividade anterior. Que indicadores você percebeu no seu exemplo? Há algum indicador e/ou categoria que é mais presente? Como você mensuraria a qualidade nesse contexto?

### 23.5.3 Simulação

A respeito de simulação, há diversos conceitos relacionados que devem ser levados em consideração, que incluem: sistema, eventos, variáveis de estado do sistema, entidades e atributos, processamento de lista, atividades e atrasos, e finalmente, um modelo computacional que permita a simulação (BANKS, 1999). Para produzir um modelo, é necessário construir uma abstração da realidade. Esse modelo não deve representar todos os aspectos de um sistema a ser estudado. Em vez disso, o modelo deve ser desenvolvido de forma simples, representando apenas os aspectos importantes para avaliar as variáveis do sistema que se quer medir. Assim, o modelo pode descrever um sistema em algum momento de captação ou em múltiplos níveis de captação com o objetivo de representar o sistema de uma forma confiável, que permita a simulação computacional (SOKOLOWSKI e BANKS, 2010).

Entender a dinâmica envolvendo um ECOS pode ser um diferencial entre o sucesso ou o fracasso de uma aplicação móvel (ou simplesmente, app), por exemplo. O uso de simulação se mostra como uma importante ferramenta para apoio à tomada de decisão, experimentando de forma controlada diferentes cenários em um ecossistema e minimizando risco na busca pela criação de uma app popular. Segundo Bezerra e outros (2018), o AppEco foi o modelo mais completo encontrado possibilitando

uma representação mais próxima das interações existentes no mundo real, bem como pela sua característica de replicação. Esse modelo foi concebido para modelar as interações em um Ecossistema de Software Móvel. Em especial, ele observa comportamentos e interações entre os principais atores (usuários, desenvolvedores e apps) desse ecossistema em uma dinâmica de produção de consumo de aplicações. Esse modelo evoluiu o trabalho anterior de Lim e Bentley (2015).

O modelo consiste em agentes que são abstrações de usuários, apps e desenvolvedores, bem como artefatos que são abstrações de apps. Os agentes desenvolvedores constroem e publicam apps na loja de aplicações. Os agentes usuários visitam a loja e realizam *download* de apps, onde cada *download* corresponde a uma nova venda. Cada app é modelada como uma matriz de características, semelhante aos genes. As funcionalidades desejadas por um usuário também são modeladas em uma matriz. O *download* de uma app acontece quando há uma equivalência entre essas duas matrizes.

Um dos diferenciais do AppEco em relação a outros modelos de simulação é a modelagem explícita de artefatos e os agentes de um ecossistema (BEZERRA *et al.*, 2018). Essa é uma importante característica que facilita a reutilização do modelo por terceiros. Entretanto, conforme mostra a Figura 23.5, o modelo proposto é de difícil utilização por desenvolvedores pelos seguintes motivos: não possuir interatividade com seus usuários durante a execução, utilizar terminal de linha de comando para sua execução e ter os resultados gerados em um arquivo do tipo texto (.txt) extenso e confuso.

**Figura 23.5** Execução do Modelo AppEco (esquerda) e resultados gerados pelo modelo (direita).

### **23.5.4 Governança**

A governança é definida como a forma que uma organização é gerenciada, incluindo suas responsabilidades e processos de apoio à decisão (DUBINSKY e KRUCHTEN, 2009). A governança envolve a atribuição de responsabilidades e direitos de decisões, assim como indicadores e políticas que permitem a avaliação contínua. Alves e outros autores (2017) definem governança de ECOS como ferramentas gerenciais dos atores do ecossistema que têm por objetivo influenciar a sustentabilidade do ecossistema. A sustentabilidade é a capacidade de aumentar ou manter a comunidade de desenvolvedores ao longo do tempo e sobreviver a mudanças (MANIKAS, 2016).

O gerenciamento e monitoramento bem-sucedidos ainda são grandes desafios para profissionais de ecossistemas (DHUNGANA *et al.*, 2010). Isto acontece porque a comunidade de ecossistemas ainda carece de teorias específicas de gerenciamento, ferramentas de suporte e experiência consolidada na área (MANIKAS, 2016). Neste cenário, há três principais categorias de mecanismos de governança: **criação de valor** – gerar e distribuir valor; **coordenação** – manter a consistência e integração de atividades, relacionamentos e estruturas do ecossistema; e **controle e abertura organizacional** – capturar a atenção a partir de modelos abertos e fechados.

Baars e Jansen (2012) dizem que a governança pode ajudar uma empresa a atingir seus objetivos, fazer melhor uso dos recursos disponíveis e direcionar a um aumento na renda e na redução de riscos. A governança de ecossistema requer um equilíbrio de controle pela organização-chave e de autonomia entre os desenvolvedores externos (TIWANA *et al.*, 2010). Entretanto, uma vez que este é um campo relativamente novo, muitas organizações podem não saber como gerenciar efetivamente os seus ecossistemas, ou como iniciar um ecossistema específico. Conforme Boucharas e outros (2009), não existe uma formalização adequada para a governança de ECOS e há muitos desafios a serem superados pelas organizações como, por exemplo, a atração e o envolvimento dos desenvolvedores externos à organização.

Baars e Jansen (2012) ainda indicam que é necessário buscar clareza acerca da governança dentro do ecossistema. Como forma de estabelecer isso, os autores indicam os seguintes aspectos:

- **Clareza do ecossistema:** há questões essenciais para o sucesso de um ecossistema. Se um ecossistema não for claro para os colaboradores que o compõe, não é possível ter uma estratégia de governança clara;
- **Clareza da estratégia de governança:** as organizações podem estabelecer regras, procedimentos, protocolos e processos formalizados, o que pode ajudar no controle do ECOS;
- **Responsabilidade:** os elementos que compõem o ecossistema são responsáveis por ele. Se não houver execução correta das responsabilidades de cada elemento, uma estratégia de governança não poderá ser garantida;
- **Medição:** busca determinar o benefício para o ecossistema a partir da utilização de uma estratégia de governança, utilizando-se de indicadores para analisar o estado atual do ecossistema e prospectar o estado futuro; e
- **Compartilhamento de conhecimento:** é um aspecto importante do núcleo de negócios de um ecossistema como parte de uma estratégia de governança.



**atividade**

#### Que outros desafios podemos traçar para ECOS?

Nesta seção, discutirmos algumas áreas para pesquisa em ECOS considerando a perspectiva de computadores e sociedade. Apesar de diversas questões que podem ser levantadas a partir das dimensões social e de negócio, diversos desafios da dimensão técnica têm sido fortemente discutidos pela comunidade de pesquisa em Computação. Pesquise sobre os desafios técnicos de ECOS. Dica: comece a partir da temática de arquitetura de software.

## 23.6 Considerações finais

Neste capítulo, apresentamos uma discussão sobre as relações formadas no contexto tecnológico atual no qual o tema *Ecossistemas de Software* surge como uma forma de se pensar o desenvolvimento e a construção de sistemas considerando a complexidade que envolve a relações entre todos os interessados em uma plataforma tecnológica central. Além de conceitos básicos no assunto, trouxemos ainda exemplos e desafios de pesquisa no contexto de ecossistemas de software e sociedade. Esperamos que este capítulo sirva como ponto de partida para você investigar mais profundamente esse contexto que têm sido bastante explorado no desenvolvimento de software moderno.

## 23.7 Leituras recomendadas

- Rodrigo Pereira dos Santos. *Managing and Monitoring Software Ecosystem to Support Demand and Solution Analysis*. Tese (Doutorado em Engenharia de Sistemas e Computação). COPPE/UFRJ, 2016.
- George Augusto Valença. *A theory of power in software ecosystems formed by small-to-medium enterprises*. Tese (Doutorado em Ciência da Computação). CIn/UFPE, 2016.
- Awdren de Lima Fontão. MSECO-CERT: uma abordagem baseada em processo para apoiar a certificação de apps em ecossistema de software móvel. Dissertação (Mestrado em Informática). IComp/UFAM, 2016.
- Thaiana Maria Pinheiro Lima. *SECO-AM: An Approach for Maintenance of IT Architecture in Software Ecosystems*. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Sistemas e Computação). COPPE/UFRJ, 2018.
- Allan José de Souza Bezerra. *Um estudo sobre o uso de simulação em Ecossistemas de Software Móvel*. Dissertação (Mestrado em Informática). IComp/UFAM, 2018.
- Alexandre Inácio Meireles. *Um Instrumento para Avaliação de Transparéncia em Portais de Ecossistemas de Software*. Dissertação (Mestrado em Informática). PPGI/UNIRIO, 2018.
- A. Fontão, I. Wiese, R. P. Santos, A. C. Dias-Neto. *Governança de Desenvolvedores em Ecossistemas de Software*. In: R. P. Santos; A. L. Martinotto; S. Ávila e Silva. (Org.). Tópicos em Sistemas de Informação - Minicursos do XIV Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação. 14ed. Porto Alegre: SBC, 2018, v. 14, p. 76-102.
- Santos, R. P., Viana, D. *Ecossistemas de Software no Desenvolvimento de Plataformas paraWeb, Redes Sociais e Multimídia*. In: Trinta, F. A. M., Passos, E. B. (Org.). Anais do XXII Simpósio Brasileiro de Sistemas Multimídia e Web (Vol. 3): Minicursos. 22ed. Porto Alegre: SBC, 2016, v. III, p. 93-118.
- Santos, R. P., Werner, C. M. L., Alves, C. F., Pinto, M. J. S., Cukierman, H. L., Oliveira, F. M. A., Egler, T. T. C. *Ecossistemas de Software: Um Novo Espaço para a Construção de Redes e Territórios Envolvendo Governo, Sociedade e a Web*. In: Werner, C. M. L.; Oliveira, F. J. G.; Ribeiro, P. T. (Org.). Políticas Públicas: Interações e Urbanidades. 1ed. Rio de Janeiro: Letra Capital, 2013, p. 337-366.

- Santos, R. P., Viana, D., Maciel, C. *Ecossistemas de Software: Uma Visão sobre Fatores Técnicos, Humanos e Organizacionais*. In: Gasparini, I.; Mota, M. P. (Org.). Livro dos Tutoriais do XV Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais. 15ed. São Paulo: SBC, 2016, v. C, p. 70-90.

## 23.8 Atividades sugeridas

1. O que é um ecossistema de software e quais são os seus principais elementos? Quais as diferenças percebidas entre o desenvolvimento de software tradicional para o desenvolvimento no contexto de ECOS?
2. Qual a origem da pesquisa e prática de ecossistemas de software? Que motivações conduzem as organizações a explorarem essa metáfora no desenvolvimento de software?
3. Quais as diferentes dimensões que constituem um ecossistema de software? Qual a sua proposta para analisar cada uma das dimensões?
4. Selecione dois casos de ecossistema de software, sendo um ECOS com plataforma de código aberto e outro de plataforma proprietária. Mapeie os seus elementos em relação a responsabilidades, objetivos para participação no ecossistema, tipos de contribuição e seus relacionamentos com outros elementos. Ao final, realize uma análise comparativa com base na estrutura identificada.
5. Enumere cinco questões de pesquisa identificadas a partir das áreas promissoras apresentadas e pesquise outros desafios a fim de enumerar outras cinco questões de pesquisa no assunto não cobertas por este capítulo.

## Referências bibliográficas

- ALVES, C.; OLIVEIRA, J.; JANSEN, S. "Software Ecosystems Governance-A Systematic Literature Review and Research Agenda". In: ICEIS 2017-Proceedings of the 19th International Conference on Enterprise Information Systems. 2017. p. 26-29.
- AUDY, J.; PRIKLADNICKI, R. "Desenvolvimento Distribuído de Software". Campus. 2008.
- AXELSSON, J.; PAPATHEOCHAROUS, E.; ANDERSSON, J. "Characteristics of software ecosystems for Federated Embedded Systems: A case study". *Information and Software Technology*, v. 56, n. 11, p. 1457-1475, 2014.
- BAARS, A.; JANSEN, S. "A framework for software ecosystem governance". In: International Conference of Software Business. Springer, Berlin, Heidelberg, 2012. p. 168-180.
- BANKS, J. "Introduction to simulation. In: Proceedings of the 31st conference on Winter simulation: Simulation---a bridge to the future". Volume 1. ACM, 1999. p. 7-13.
- BARBOSA, O. *et al.* "A Systematic Mapping Study on Software Ecosystems through a Three-dimensional Perspective". In: Jansen, S. *et al.* (eds.) *Software Ecosystems: Analyzing and Managing Business Networks in the Software Industry*, Edward Elgar, 59-81. 2013.
- BEZERRA, A.; FONTÃO, A.; DIAS-NETO, A. "Simulação de Ecossistemas de Software Móvel: Estado da Arte, Desafios e Oportunidades". In: XIX Ibero-American Conference on Software Engineering, CIBSE 2016. ISBN: 978-1-5108-2718-9.
- BOEHM, B. "A view of 20th and 21st century software engineering". In: Proceeding of the 28th international conference on Software engineering - ICSE '06. New York, New York, USA: ACM Press, 2006. Disponível em: <<http://portal.acm.org/citation.cfm?doid=1134285.1134288>>. ISBN: 1595933751, ISSN: 10930175, DOI: 10.1145/1134285.1134288.
- BOLEY, H.; CHANG, E. "Digital ecosystems: Principles and semantics". In: Proceedings of the 2007 Inaugural IEEE-IES Digital EcoSystems and Technologies Conference, DEST 2007. [s.l.]: [s.n.], 2007. ISBN: 1424404703, ISSN: 2150-4938, DOI: 10.1109/DEST.2007.372005.

BOSCH, J. "From Software Product Lines to Software Ecosystems". In: Proceedings of the 13th International Software Product Line Conference. [s.l.]: [s.n.], 2009. Disponível em: <<http://dl.acm.org/citation.cfm?id=1753235.1753251>>. ISBN: 0262633310, ISSN: 01641212, DOI: 10.1016/j.jss.2012.03.039.

BOSCH, J.; BOSCH-SIJTSEMA, P. "Coordination Between Global Agile Teams: From Process to Architecture". *Agility Across Time and Space*, [s.l.], p. 1-341, 2010a. ISBN: 9783642124419, DOI: 10.1007/978-3-642-12442-6.

BOUCHARAS, V.; JANSEN, S.; BRINKKEMPER, S. "Formalizing software ecosystem modeling". In: Proceedings of the 1st international workshop on Open component ecosystems. ACM, 2009. p. 41-50.

CATALDO, M.; HERBSLEB, J. "Architecting in Software Ecosystems: Interface Translucence as an Enabler for Scalable Collaboration". In: 4th ECSA, 2nd IWSECO, Copenhagen, 65-72. 2010.

DEN HARTIGH, E.; TOL, M.; VISSCHER, W. "The health measurement of a business ecosystem". In: Proceedings of the European Network on Chaos and Complexity Research and Management Practice Meeting (pp. 1-39). 2006.

DHUNGANA, D.; GROHER, I.; SCHLUDERMANN, E.; BIFFL, S. "Software ecosystems vs. natural ecosystems: learning from the ingenious mind of nature". In: Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture: Companion Volume (pp. 96-102). ACM. 2010.

DITTRICH, Y. "Software engineering beyond the project–Sustaining software ecosystems". *Information and Software Technology*, v. 56, n. 11, p. 1436-1456, 2014.

DUBINSKY, Y.; KRUCHTEN, P. "Software development governance (SDG): report on 2nd workshop". *ACM SIGSOFT Software Engineering Notes*, v. 34, n. 5, p. 46-47, 2009.

FARIAS JUNIOR, I.; SANTOS, R.; MARCZAK, S.; SANTOS, A.; WERNER, C.; MOURA, H. "Reflexões sobre Comunicação no Desenvolvimento Distribuído no Contexto de Ecossistemas de Software". In: Anais do VII WDDS, Brasília, 52-59. 2013.

- FONTÃO, A.; BONIFÁCIO, B.; DIAS-NETO, A.; BEZERRA, A.; SANTOS, R. "MSECO Skill: Construção de Competências de Desenvolvedores em Ecossistemas de Software Móvel". In: Proceeding of the 17th Ibero-American Conference on Software Engineering (CIBSE) (pp. 81-94). 2014.
- FONTÃO, A.; SANTOS, R.; DIAS-NETO, A. "Mobile software ecosystem (MSECO): a systematic mapping study". In: Computer Software and Applications Conference (COMPSAC), 2015 IEEE 39th Annual. IEEE, 2015. p. 653-658.
- FOTROUSI, F.; FRICKER, S. A.; FIEDLER, M.; LE-GALL, F. "KPIs for software ecosystems: A systematic mapping study". In: International Conference of Software Business (pp. 194-211). Springer, Cham. 2014.
- GOMES, V.; MARCZAK, S. "Problems? We all know we have them. Do we have solutions too? A Literature review on problems and their solutions in global software development". In Global Software Engineering (ICGSE), 2012 IEEE Seventh International Conference on (pp. 154-158). 2012.
- GRACIANO NETO, V.; SANTOS, R.; ARAÚJO, R. "Sistemas de Sistemas de Informação e Ecossistemas de Software: Conceitos e Aplicações". SBC (Org.). In: XIII Simpósio Brasileiro de Sistemas de Informação: Tópicos em Sistemas de Informação: Minicursos SBSI 2017. Lavras, MG: [s.n.], 2017. Disponível em: <<http://sbsi2017.dcc.ufla.br/anais.htm>>.
- HMOOD, A.; SCHUGERL, P.; RILLING, J.; CHARLAND, P. "OntEQAM: A methodology for assessing evolvability as a quality factor in software ecosystems". IEEE Industrial Software Evolution and Maintenance Processes WISEMP10. 2010.
- JANSEN, S.; FINKELESTEIN, A.; BRINKKEMPER, S. "A sense of community: A research agenda for software ecosystems". International Conference on Software Engineering, [s.l.], p. 187-190, 2009. ISBN: 978-1-4244-3495-4, DOI: 10.1109/ICSE-COMPANION.2009.5070978.
- JIMÉNEZ, M. *et al.* "Challenges and Improvements in Distributed Software Development: A Systematic Review". Advances in Software Engineering 2009(3):1-16.
- LIM, S.; BENTLEY, P. "App epidemics: Modelling the effects of publicity in a mobile app ecosystem". Artificial Life, v. 13, p. 202-209, 2012.

MAIA, N. *et al.* “Elementos que Impactam o Planejamento de Testes em Ambientes de Desenvolvimento Distribuído no Contexto de Ecosistemas de Software”. In: Anais do VII WDDS, Brasília, 60-67. 2013.

MANIKAS, K.; HANSEN, K. M. “Software ecosystems-A systematic literature review”. Journal of Systems and Software, [s.l.], v. 86, no 5, p. 1294–1306, 2013. ISBN: 0164-1212, ISSN: 01641212, DOI: 10.1016/j.jss.2012.12.026.

MANIKAS, K. “Revisiting software ecosystems research: A longitudinal literature study”. Journal of Systems and Software, v. 117, p. 84-103, 2016.

MIRANDA, M. *et al.* “An exploratory study of the adoption of mobile development platforms by software engineers”. In: 1st MOBILESoft, Hyderabad, 50-53. 2014.

MOORE, J. F. “Business Ecosystems and the View from the Firm”. The Antitrust Bulletin, [s.l.], v. 51, no 1, p. 31–75, 2006. ISBN: 1120617163123, ISSN: 0003-603X, DOI: 10.1177/0003603X0605100103.

PRIKLADNICKI, R.; AUDY, J. “Process models in the practice of distributed software development: A systematic review of the literature”. Information and Software Technology 52(8):779-791. 2010.

SANTOS, R. *et al.* “Software ecosystems: Trends and impacts on software engineering”. In: Proceedings - 2012 Brazilian Symposium on Software Engineering, SBES 2012. [s.l.]: [s.n.], 2012. ISBN: 9780769548685, DOI: 10.1109/SBES.2012.24.

SANTOS, R. *et al.* “Qualidade em Ecossistemas de Software: Desafios e Oportunidades de Pesquisa”. In: Anais do V WDES, Maceió, v. 2, 41-44. 2014.

SANTOS, R. “Managing and Monitoring Software Ecosystem to Support Demand and Solution Analysis”. Tese, COPPE/UFRJ, 2016.

SANTOS, R.; WERNER, C. “Revisiting the concept of components in software engineering from a software ecosystem perspective”. Proceedings of the Fourth European Conference on Software Architecture Companion Volume – ECSA ’10, [s.l.], no c, p. 135, 2010. ISBN: 9781450301794, DOI: 10.1145/1842752.1842782.

SANTOS, R.; WERNER, C. "Treating Business Dimension in Software Ecosystems". In: Proceedings of the International Conference on Management of Emergent Digital EcoSystems, MEDES'11. [s.l.]: [s.n.], 2011. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1145/2077489.2077526>>. ISBN: 9781450310475, DOI: 10.1145/2077489.2077526.

SANTOS, R.; WERNER, C. "ReuseECOS: An Approach to Support Global Software Development through Software Ecosystems". In: VI WDDS, Porto Alegre, 60-65. 2012.

SANTOS, R.; VIANA, D.; MACIEL, C. "Ecossistemas de Software: Uma Visão sobre Fatores Técnicos, Humanos e Organizacionais". In: IHC 2016 – Minicursos. [s.l.]: [s.n.], 2016. ISBN: 5234437367053.

SANTOS, R.; WERNER, C. "A proposal for software ecosystem engineering". In: Proceeding of the 3th International Workshop on Ecosystems (IWSECO), in conjunction with the 2nd International Conference on Software Business (ICSOB). Brussels, Belgium: [s.n.], 2011.

SENGUPTA, B. *et al.* "A research agenda for DDS". In: 28th ICSE, Shanghai, 731-740. 2006.

SOKOLOWSKI, J; BANKS, C. "Modeling and simulation fundamentals: theoretical underpinnings and practical domains". John Wiley & Sons, 2010.

SMITH, T.; SMITH, R. "Elements of Ecology". 7 ed. [s.l.]: Benjamin Cummings, 2008, 2012.

TIWANA, A; KONSYNISKI, B; BUSH, A. "Research commentary—Platform evolution: Coevolution of platform architecture, governance, and environmental dynamics". Information systems research, v. 21, n. 4, p. 675-687, 2010.

VALENÇA, G. *et al.* "Analysing Requirements Negotiation in Software Ecosystems with Multi-Agent Systems Techniques". In: Anais do VII WDDS, Brasília, 44-51. 2013.



## Agradecimentos

Agradecemos imensamente à comunidade de pesquisa em Ecossistemas de Software no Brasil, que tem se empenhado em explorar teorias e aplicações do assunto em diferentes perspectivas, não somente de Sistemas de Informação e de Engenharia de Software, como também Interação Humano-Computador, Jogos e Entretenimento Digital, Análise e Mineração de Redes Sociais, Mineração de Repositórios de Software, entre outras.

# 24. Tecnologias associadas ao pós-morte

Cristiano Maciel  
Vinicius Pereira  
Raquel Prates  
Fabrício Pereira



Após a leitura desse capítulo, você deverá ser capaz de:

- Ter uma visão geral dos diversos aspectos interdisciplinares relacionados ao pós-morte;
- Reconhecer conceitos básicos relacionados a tecnologias associadas à morte;
- Entender os diferentes serviços associados a sistemas computacionais que estão sendo disponibilizados e/ou pesquisados para esse domínio; e
- Identificar alguns dos sistemas que existem atualmente voltados para o contexto da morte ou do pós-morte.

## 24.1 Introdução

Hoje, há cada vez mais sistemas distribuídos e multiusuários, com dados armazenados em diferentes locais e das mais variadas formas, para acesso individual ou compartilhado. Mas o que acontece com esses dados dispersos em tantos espaços, quando os proprietários falecem?

Refletir sobre tal questão implica discutir o tratamento do legado digital pós-morte, isto é, dos dados de usuários falecidos. Essa é uma área de pesquisa ainda recente e de bastante relevância, dado o papel da tecnologia no cotidiano da sociedade moderna, na qual o Brasil tem se destacado. Evidenciando o crescente interesse no tema pela comunidade brasileira, em 2012, em uma ação da Comissão Especial de Interação Humano-Computador (CEIHC) da Sociedade Brasileira de Computação (SBC), foi aberta uma chamada para uma discussão do que seriam os grandes desafios de pesquisa em IHC nos 10 anos seguintes. Como resultado dessa discussão, identificaram-se cinco desafios principais (BARANAUSKAS *et al.*, 2012), dentre eles o desafio IV - ‘Valores Humanos’, que inclui “Interação póstuma e legado digital pós-morte”. Como estratégias para trabalhar esse desafio, o relatório propõe, entre outras possibilidades, a pesquisa e a publicação de artigos na área, bem como o levantamento de produtos de design (hardware, software, websites etc.) que explicitamente citam os referidos temas. O tema também é um dos desafios da comunidade de Sistemas de Informação da SBC, conforme proposta de Maciel e Pereira (2017).

A pesquisa na área e sua relevância têm sido reconhecidas não apenas no Brasil, mas também internacionalmente (ver, mais à frente neste capítulo, o quadro “Pesquisa Crescente”). A relevância do tema para a área de IHC levou Massimi e Charise (2009, p. 2464) a introduzirem o conceito de thanatossensibilidade<sup>1</sup> para descrever uma abordagem que integra ativamente os fatos sobre mortalidade, o morrer e a morte no design e nas pesquisas em Interação Humano-Computador (IHC).

Também é importante pontuar que o mercado de desenvolvimento de software para atendimento a demandas relacionadas ao legado digital tem crescido significativamente. Ohman e Floridi (2017) deba-

---

<sup>1</sup> O termo no inglês “thanatosensitivity” foi inspirado na figura mitológica grega Thanatos, ou Tânatos, que representa a personificação da morte.

tem sobre o contexto comercial do legado digital e, em seu trabalho, cunham o termo *Indústria Digital Póstuma* (do inglês: *Digital Afterlife Industry* – DAI) para designar serviços e produtos *online* oferecidos em decorrência da morte de um usuário, os quais podem ser monetizados pela indústria. Além das pequenas empresas que têm surgido, outras, como Facebook e Google, têm se preocupado com a questão, desenvolvendo serviços específicos para o tratamento de dados de usuários falecidos. Há uma crescente indústria de soluções diferenciadas para automação de cemitérios, como, por exemplo, o apoio à visita a esses espaços por meio de QR codes em lápides e túmulos, remetendo a perfis *online* das pessoas ali enterradas.

O fim da vida é um domínio atraente para a pesquisa multidisciplinar, visto que está atravessado por dimensões sociais, culturais, legais, psicológicas, religiosas, políticas etc. No que diz respeito à área da Computação, o tema ganha premênciam ao considerarmos os desafios tecnológicos para a abordagem dos fenômenos relacionados à morte, como a mortalidade, o luto e o legado. No entanto, a pesquisa ainda esbarra em uma série de tabus frente ao tema (MACIEL; PEREIRA, 2012), quer por parte de pesquisadores e desenvolvedores, que devem reconhecer as implicações, em seu trabalho, de suas próprias atitudes diante da morte; quer por parte de usuários, os quais muitas vezes resistem a levar em consideração sua mortalidade.

Neste capítulo, nosso objetivo é apresentar a área de pesquisa e o desenvolvimento de tecnologias associadas ao tema da morte. Para isso, na próxima seção apresentamos os principais conceitos necessários para o entendimento do restante deste capítulo. Em seguida, discorremos sobre os tipos de serviços existentes atualmente e como eles são oferecidos nos sistemas, além de apresentar uma visão geral da pesquisa sendo desenvolvida no Brasil e internacionalmente sobre o tema. Nas considerações finais, discutimos as questões mais amplas relacionadas ao tema, que vão além de aspectos dos sistemas e envolvem valores sociais e impacto da tecnologia na sociedade.

### Pesquisa crescente no tema de tecnologia associada ao pós-morte

A título de ilustração, fizemos uma busca informal pelas publicações sobre o tema na CHI, a principal conferência internacional na área de Interação Humano Computador. CHI é o acrônimo para o nome da *Conference on Human Factors in Computing Systems*, promovida pelo *Special Group of Interest in Computer Human Interface* (SIGCHI) da *Association of Computer Machinery* (ACM). A busca foi feita usando a ferramenta Google Acadêmico, apenas nos Anais da CHI, tendo como string (*thanatosensitivity OR "post mortem" OR posthumous OR afterlife OR bereavement OR "digital legacy"*). As primeiras publicações que encontramos como artigo resumido ou completo são de 2009 (MASSIMI; CHARISE, 2009) e 2010 ((ODOM *et al.*, 2010; MASSIMI; BAEKER, 2010), respectivamente; já em 2018 (9 anos depois), tem-se aproximadamente 70 publicações sobre o tema, apenas nesta conferência. Tais números mostram que vem aumentando rapidamente o interesse da comunidade acadêmica sobre o uso de tecnologias em contextos relacionados à morte e ao pós-morte.



## 24.2 Conceitos Relacionados

Nesta seção, apresentamos alguns dos principais conceitos que estão associados a sistemas que lidam de alguma forma com a questão da morte do usuário. Vale ressaltar que não se trata, claro, de uma exposição exaustiva de todos os conceitos que permeiam o tema, mas sim de uma visão panorâmica de algumas noções transversais às suas diferentes abordagens. Em outras seções deste capítulo, são exemplificados serviços e sistemas relacionados a tais conceitos.

### 24.2.1 Legado Digital

Carroll e Romano (2010) definem que “um legado digital é a somatória das posses digitais que você deixou para os outros. Como a mudança para o digital continua, as posses digitais deixadas se tornarão a maior parte do seu legado”. Tais posses são, segundo Bellamy *et al.* (2014), compostas por ativos e contas digitais, cuja definição apresentamos a seguir.

Segundo Carroll e Romano (2010), ativos digitais são todos os e-mails e documentos em formatos digitais (imagens, áudios, vídeos etc.) de posse de um usuário. Estão armazenados em desktops, laptops, tablets, periféricos, dispositivos de armazenamento, smartphones, e quaisquer outros dispositivos digitais semelhantes que já existam ou possam vir a existir, independente da propriedade do aparato físico no qual o ativo digital é armazenado. Contas digitais se referem a

contas de e-mail, redes sociais, mídia social, licenças de software, gestão financeira, registro de domínio, serviço de nome de domínio, alojamento web, preparação de serviços, lojas *online*, programas de afiliados e qualquer outro tipo de conta *online* que já exista ou possa vir a existir. Para Brubaker *et al.* (2014), o conjunto desses bens digitais do usuário que ficam como posses de um ou mais herdeiros é sua herança digital.

Da mesma forma que no mundo físico, o usuário pode querer em vida decidir sobre o futuro do seu legado digital. Assim, atualmente sistemas que contêm bens digitais estão criando mecanismos de controle que permitem ao usuário nomear um responsável pelo seu conteúdo no sistema, ou um herdeiro para receber o conteúdo. Por exemplo, em sistemas de redes sociais, como o Facebook, o usuário pode optar pela imortalidade de sua “vida digital” ou determinar que a conta seja extinta caso um conjunto de ações não mais se realizem. Todavia, a modelagem desses mecanismos, principalmente na Web Social, representada por inúmeras aplicações de redes sociais, é complexa e carece de discussões, as quais envolvem não só aspectos técnicos, mas também jurídicos. Afinal, diferentes jurisdições definem legislações específicas para transmissão de bens *causa mortis* - mas quase nunca são consideradas as especificidades dos ativos e das contas digitais.

#### **24.2.2 Identidade Real × Identidade Digital**

Segundo Moresco e Ribeiro (2015), o conceito de identidade, central nos estudos da pós-modernidade, é objeto de negociação de diferentes matrizes epistemológicas nos dias de hoje. As pesquisadoras afirmam que autores como Giddens (1991) e Jacques (1998) tratam a identidade como uma representação de si, indicando características do indivíduo e/ou marcas de pertencimento a grupos sociais, ao passo que Canclini (1995), Hall (2001) e Bauman (2005), entre outros, entendem a identidade como um “conjunto de significados compartilhados” em sistemas culturais. Para os objetivos deste capítulo, o conceito de identidade pode ser definido como “o processo pelo qual os indivíduos partilham o seu “eu” com os outros” (STONE, 1981), em um movimento dialético entre similaridades e diferenças.

Vale ressaltar que uma identidade digital é construída a partir de relações em que os indivíduos se inserem, mas o modo como ela

permanece sempre ativa e disponível, mesmo depois de o indivíduo ter desligado o computador, depende inteiramente da tecnologia (UNRUH, 1983). No que tange à identidade digital de usuários falecidos, tal questão ganha novos contornos, uma vez que os dados podem ser mantidos após a morte do usuário, sendo objeto de interação por terceiros ou parcialmente alterados por um herdeiro. Assim, pode-se dizer que uma identidade digital continua sendo narrada, alterada e ressignificada por outras pessoas após a morte do indivíduo com quem tal identidade originalmente se relacionava.

De Bildt [10] discute a presença do “eu digital” para além do falecimento do usuário: “[...] *online*, o *doppelgänger*<sup>2</sup> digital se mantém como uma parte de redes sociais de amigos e conhecidos, a não ser que o perfil do falecido seja deletado por um familiar ou pela própria rede social pela longa inatividade ou quando um(a) conhecido(a) intencionalmente remove o link para o perfil do falecido do perfil dele(a). Desta forma, a cópia digital do falecido ainda constitui a autoapresentação para outras pessoas.”

### 24.2.3 Imortalidade Digital

Intimamente relacionado à ideia de identidade digital, o conceito de imortalidade digital é definido, por Bell e Gray (2000), como “um contínuo entre *fama duradoura*, de um lado, e *aprendizado e experiência sem fim*, do outro, sem chegar à *vida eterna*. Preservar e transmitir suas ideias é uma *imortalidade unidirecional*, permitindo comunicação com o futuro. Aprendizado e experiência sem fim são “imortalidade bidirecional”, permitindo a “você”, ou ao menos a parte de você, comunicar-se com o futuro no sentido de que aquele artefato continua a aprender e evoluir”.

Nas pesquisas de Galvão *et al.* (2017), são exemplificadas três possíveis formas de conceder imortalidade digital a um usuário:

- a. A geração de memoriais digitais, os quais mantêm registros *online* do usuário falecido, gerados em vida ou na forma de homenagens póstumas;
- b. A criação de aplicações digitais que analisam o padrão de mensagens do usuário e, mesmo após seu falecimento, permitem

---

<sup>2</sup> Palavra de origem alemã usada em diferentes línguas para indicar a ideia de duplo, sósia ou cópia.

- conversar com um *chatbot*<sup>3</sup>, o qual virtualmente manda mensagens de textos similares às que poderiam ter sido enviadas pelo usuário em vida;
- c. A possibilidade de transferir a mente humana de um usuário falecido para um corpo mecânico e, assim, imortalizá-lo através de um “avatar”, com dados transferidos via software.

Ao mesmo tempo em que pode ser um grande alívio ao vazio que a morte costuma trazer, a imortalidade digital levanta questionamentos profundos, sejam eles técnicos, filosóficos ou morais (GALVÃO *et al.*, 2017). Tais questões afetam os usuários e é importante que isso seja discutido com eles, os principais envolvidos com a imortalidade digital (GALVÃO *et al.*, 2018).

#### **24.2.4 Interação Póstuma**

Tradicionalmente, as ciências da natureza e as ciências sociais tratam a interação como um processo em que mais de um elemento está envolvido, de modo que ambos estejam exercendo “ação mútua, afetando ou influenciando o desenvolvimento ou a condição um do outro” (HOUAISS, 2012), como no caso da interação gravitacional e das interações sociais.

No âmbito das discussões desenvolvidas neste livro, ganha destaque, tanto como área de pesquisa quanto como objeto de estudo, a interação entre pessoas e dispositivos digitais – Interação Humano-Computador (IHC). Se os pesquisadores dessa área vêm há décadas investigando as formas como usuários interagem com computadores por meio de interfaces e desenvolvendo tecnologias diferentes para tal interação, urge hoje pensar os procedimentos de interação com dados de pessoas mortas, já que, com o passar dos anos, os usuários de sistemas computacionais vão envelhecendo e, invariavelmente, morrendo.

A essa interação de sistemas com dados de pessoas mortas, ou de usuários com pessoas mortas via sistema, chamamos de interação póstuma (MACIEL; PEREIRA, 2012). Póstumo é tudo aquilo que “se passa após a morte de alguém” (HOUAISS, 2012). Cabe ressaltar, porém, que o dado em si não é póstumo, tendo sido produzido ainda em vida

---

<sup>3</sup> Um chatbot é um software de inteligência artificial (IA) que pode simular uma conversa com um usuário em linguagem natural por meio de aplicativos de mensagens, sites e outros.

pelo usuário. Póstuma é a interação que se dá com o dado de alguém que já morreu, processo que é garantido pelo caráter assíncrono que permeia boa parte dos processos comunicativos na internet.

Por exemplo, interagir com a foto de alguém que morreu, ainda disponível em uma rede social, é, de certa forma, interagir postumamente com o usuário que postou essa foto, como se faz no mundo real sempre que se entra em contato com o legado deixado por alguém, seja na forma de bens, mensagens ou informações produzidas antes do momento da morte. No entanto, o usuário falecido não pode se manifestar no momento em que ocorre essa interação, de modo que os projetistas precisam levar em conta várias questões referentes às configurações antecipadas de como o usuário deseja que seus dados estejam disponíveis para interações após sua morte.

#### **24.2.5 Volição**

Propostas sistêmicas devem considerar a possibilidade de o usuário tomar decisões sobre o destino do legado digital por meio de configurações em softwares. Isso implica respeitar a volição, isto é, o ato pelo qual a vontade se determina diante de alguma coisa. Para Pombo (2011), a volição “é como um princípio da vontade... é como que o primeiro sinal, o ato de conceber o que se quer. Na vontade, além de subentender-se a volição, já entra a decisão” – aqui, referente às possibilidades de gerenciamento e interação póstuma com o legado digital.

Para tanto, mecanismos de controle podem ser criados, de forma que, por exemplo, o usuário deixe algum responsável pelo conteúdo de determinado ambiente, opte pela imortalidade de sua “vida digital” ou determine que a(s) conta(s) seja(m) extinta(s) caso um conjunto de ações não mais se realizem. Todavia, a modelagem desses mecanismos, principalmente na Web Social, é complexa e carece de discussões sob os pontos de vista de aspectos funcionais e não funcionais, envolvendo tanto as necessidades dos usuários, quanto características dos produtos. Além disso, deve-se lembrar que o desenvolvimento das Tecnologias de Informação e Comunicação (TICs) não pode ser separado das discussões sobre questões legais, morais, éticas e com o compromisso social.

Maciel (2011) realiza uma análise de estratégias para garantir o respeito à volição de usuários frente ao legado digital no contexto da Web Social, sugerindo:

1. atribuir poder de senha para terceiros, em vida ou em testamento, declarando o desejo da interação póstuma;
2. ter registro do legado digital em outros equipamentos ou na rede, de forma que não seja necessário acesso por meio de *login*;
3. manter vínculo com instituições e documentos do mundo real, comprovação do óbito, no contexto da Web Social;
4. prover recursos nas próprias aplicações da Web Social para tro da volição do usuário.

Com base nessas possibilidades, uma série de requisitos funcionais e não-funcionais são listados por Maciel (2011) para o desenvolvimento de funcionalidades volitivas nas aplicações.

#### **24.2.6 Antecipação da Interação**

O conceito de antecipação da interação tem relação com as consequências futuras das ações tomadas por um usuário em um sistema (PRATES *et al.*, 2015). Um exemplo cotidiano é a configuração do aplicativo de despertador do celular feita pelo usuário à noite para acordá-lo no dia seguinte. Embora o usuário tome a decisão de configurar o despertador em um momento, o efeito desta ação só acontecerá na data e hora futura marcada pelo usuário. Enquanto a interação com o despertador pode ser simples, outros sistemas de uso cotidiano podem apresentar um desafio maior. Por exemplo, Pereira Junior *et al.* (2014) fizeram uma pesquisa em que mostram que usuários do Facebook não apresentavam dificuldades em interagir com a configuração de visibilidade de fotos no seu perfil, porém em geral não tinham uma boa compreensão do real efeito das suas decisões, isto é, quem de fato poderia ver uma foto e em que condições.

Assim, ao projetar sistemas que envolvem interações com efeitos futuros, projetistas de sistemas devem considerar os seguintes desafios (PRATES *et al.*, 2015):

- Suporte à antecipação: usuários conseguem antecipar e entender os possíveis impactos e cenários resultantes das decisões tomadas em um dado momento?
- Representação: os usuários conseguem representar os futuros cenários no sistema analisado? Podem explorar diferentes caminhos interativos possíveis (por exemplo, fazer perguntas “E se...?”)?

- Custos × Benefícios: quais os custos e benefícios de representar (ou não) futuros cenários de interação?
- Negociação e mitigação de conflitos: se as decisões do usuário abrangem outros usuários, quais conflitos podem surgir? Como os usuários podem negociar ou mitigar estes conflitos com outros envolvidos?
- Definição de valores-padrão: São sugeridos valores padrão referentes às configurações para ajudar os usuários no momento da configuração?

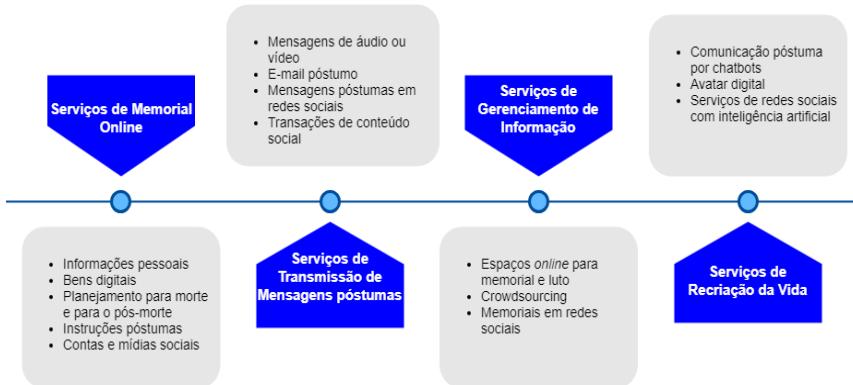
É fácil ver que sistemas que se propõem a lidar com aspectos de volição associados ao legado digital (por exemplo, sistemas que permitem que os usuários expressem seus desejos em relação ao futuro de contas digitais, ou herdeiros de ativos digitais) vão precisar lidar com desafios de antecipação da interação. Vale ressaltar que se pode considerar que, para esses sistemas, a questão da antecipação é crítica, uma vez que envolve decisões feitas em vida cujos efeitos só entrarão em vigor postumamente, quando o usuário não estiver mais presente para conferir se a configuração resultou no efeito desejado.

## 24.3 Serviços e Sistemas

Ao longo dos anos, vêm surgindo diferentes ferramentas relacionadas ao contexto do pós-morte, as quais apoiam variados aspectos relacionados ao tema e oferecem serviços distintos aos usuários. Ohman e Floridi (2017) propõem uma classificação desses sistemas a partir de uma pesquisa sistemática em que foram identificadas 57 empresas que oferecem serviços digitais relacionados à morte. Tal amostra foi obtida a partir de três fontes: (i) a lista disponibilizada pelo blog *Digital Afterlife (Thedigitalbeyond.com)*; (ii) uma categorização (inicial) apresentada em Oliveira et al. (2016); (iii) 50 aplicativos apresentados no topo da lista de resultados de uma busca no Google utilizando a string “*Digital Afterlife Service*”. A partir desse levantamento, os autores identificaram 72 serviços relacionados ao legado digital e os classificaram em 14 “grupos genéricos”, os quais, por sua vez, foram classificados em 4 grandes “tipos de serviço”:

- Serviços de gerenciamento de informação (*Information management services*): apoiam os usuários no gerenciamento dos bens digitais relacionados à sua morte ou à morte de outra pessoa.

- Serviços de transmissão de mensagens póstumas (*Posthumous messaging services*): proveem a entrega de mensagens digitais (ou outros conteúdos de comunicação) aos seus destinatários indicados após detecção da morte do usuário.
- Serviços de memorial *online* (*Online memorial services*): proveem um espaço *online* para um falecido ou um grupo de falecidos serem lembrados/homenageados.
- Serviços de recriação da vida (*Re-creation services*): usam dados pessoais para gerar um novo conteúdo, replicando o comportamento do falecido. São sistemas que atuam na perspectiva da imortalidade digital.
- Assim, a Figura 24.1 apresenta uma visão geral dos tipos de serviços no contexto de legado digital pós-morte. Em seguida, explicaremos brevemente cada uma dessas quatro classes de serviço.



**Figura 24.1** Visão geral dos serviços digitais relacionados à morte.

### 24.3.1 Serviços de Gerenciamento de Informação

Das classes propostas, esta é a que agrupa a maior quantidade de categorias de serviços. Embora todos eles ofereçam o gerenciamento de informações ou bens digitais pertencentes ao próprio usuário ou a terceiros, o seu foco varia, como pode ser visto abaixo:

- Serviços de gerenciamento de informações pessoais (*Personal information management systems*): oferecem armazenamento digital seguro de informações pessoais, normalmente fazendo analogia a um “cofre seguro”. A proposta é deixar informações armazenadas digitalmente (mesmo que sobre o mundo físico, como, por exemplo, no caso de senhas de bancos) para serem passadas a um herdeiro.

- Serviços de gerenciamento de bens digitais (*Digital assets management systems*): permitem o armazenamento com segurança (normalmente criptografado) de arquivos e outros bens digitais.
- Serviços de planejamento para morte e pós-morte (*Death and afterlife planning systems*): oferecem meios de se organizar e tomar decisões relacionadas à própria morte e pós-morte, como listas de afazeres (“*to-do’s*”) e verificação, guias de como se preparar digitalmente para morte, geração de testamento digital e, em alguns casos, até mesmo o contato para o advogado (ou um curador) validar a autenticidade do testamento.
- Serviços de instruções póstumas gerais (*General posthumous instruction services*): permitem ao usuário armazenar seus desejos sobre a destinação dos seus bens digitais a um contato de confiança ou guardião indicado (pessoa que receberá a responsabilidade de seguir as instruções deixadas).
- Serviços de gerenciamento de contas e mídias sociais (*Social media/account management services*): permitem que usuários definam o futuro de suas contas, por exemplo estabelecendo se querem que sejam apagadas, ou se preferem nomear um (ou mais) herdeiro(s) para ter(em) acesso ao seu conteúdo.

Com esses serviços, a volição dos usuários fica expressa em software, sendo possível a antecipação da interação para registro dos desejos.

#### **24.3.2 Serviços de Transmissão de Mensagens Póstumas**

Os serviços de transmissão de mensagens póstumas estão associados a diferentes mídias e formas de o usuário deixar mensagens para serem enviadas a pessoas específicas pelos sistemas após sua morte. As categorias deste tipo são:

- Serviços de envio de mensagens de áudio ou vídeo (*Posthumous audio and video messaging services*): permitem que o usuário grave mensagens de áudio ou vídeo que serão armazenadas no próprio sistema “eternamente” ou enviadas a pessoas selecionadas pelo usuário.
- Serviços de e-mail póstumo (*Posthumous emailing services*): permitem que usuários escrevam mensagens de e-mail que serão enviadas postumamente. Em alguns casos, a mensagem será enviada assim que for confirmada no sistema (ou por inatividade, ou por informação de algum contato de confiança indicado) a morte do usuário. Em outros, o usuário pode deixar

mensagens associadas a locais ou que serão enviadas em datas especiais futuras (por exemplo, aniversários).

- Serviços de mensagens póstumas em redes sociais (*Posthumous social media messaging services*): permitem que o usuário defina mensagens futuras (por exemplo, de despedida) a serem postadas em suas contas em redes sociais.
- Serviços de transações gerais de conteúdo social (*Transactions of general social content services*): permitem que usuários definam mensagens a serem enviadas a pessoas específicas no futuro mediante sua morte ou eventos em datas ainda não definidas (por exemplo, o nascimento de um neto)<sup>4</sup>.

#### 24.3.3 Serviços de Memorial On-line

Estes serviços têm como finalidade que pessoas em luto se lembrem ou prestem homenagens a um falecido. Neste serviço, são identificadas três categorias:

- Espaços *online* para memorial e luto (*Online spaces for memorial and grief*): permitem a criação de um espaço virtual que será usado como memorial, normalmente voltado para família e amigos do falecido, para fins de postagem de comentários. Podem ser associados a uma linha do tempo ou integrados a mídias sociais.
- Serviços de *crowdsourcing*<sup>5</sup> de conteúdo digital sobre o falecido (*Crowdsourcing digital content about the deceased services*): criam um espaço virtual público sobre uma pessoa falecida, de modo que as pessoas possam colocar informações ou conteúdo digital (por exemplo, fotos, vídeos, músicas etc.) relacionados à vida daquela pessoa. Muitas vezes fazem analogia a um “livro da vida” do falecido e permitem sua organização em temas (por exemplo, biografias, hobbies etc.).
- Serviços de memoriais em redes sociais (*Social Network Systems - SNS - memorials*): permitem que a conta de uma pessoa falecida

<sup>4</sup> Embora o artigo de Ohman e Floridi (2017) não explice a diferença entre estes serviços e outros da mesma classe, entendemos que uma possível distinção seria o uso de algoritmos para definir, a partir de dados da Internet, o momento do envio (por exemplo, usando registros públicos para constatar a morte do usuário).

<sup>5</sup> Crowdsourcing é um termo em inglês oriundo das palavras crowd (multidão) e outsourcing (terceirização), e pode ser definido como a divisão de uma tarefa que seria feita por uma única pessoa (muitas vezes especializada) em tarefas menores, as quais são distribuídas para um grande número de pessoas. O resultado final é, portanto, obtido por meio do resultado cumulativo das tarefas individuais (QUINN; BEDERSON, 2011).

seja transformada em um memorial, passível de gerência por um contato de confiança (por exemplo, como ocorre no Facebook).

#### 24.3.4 Serviços de Recriação da Vida

- Esses serviços são categorias associadas à imortalidade digital, em contextos em que agentes de inteligência artificial simulam o comportamento de uma pessoa falecida e continuam a interagir com os vivos em nome dessa pessoa. Até o momento, foram identificadas três categorias:
- Serviços de comunicação póstuma (*Posthumous communication service*): com a utilização de *chatbots*, tem se tornado possível o desenvolvimento de ambientes em que um usuário pode dialogar com dados de uma pessoa falecida.
- Serviços de avatar digital/*backup* (cópia de segurança) de mente (*Mind-backup/digital avatar services*): permitem que o usuário inclua seus dados sociais e crie um avatar digital, que pode ter corpo físico, capaz de se comunicar por voz com pessoas próximas ao falecido.
- Serviços de redes sociais com inteligência artificial (*SNS with Artificial Intelligence services*): a rede social permite que um agente inteligente continue a interagir em nome do falecido por meio do seu perfil.

#### Ficção que Impressiona

O episódio “*Be Right Back*”, da célebre série “*Black Mirror*”, disponível na Netflix, apresenta duas possibilidades supracitadas de serviços: os de comunicação póstuma e os de avatar. Logo, o enredo desse episódio é propício para a discussão da imortalidade digital. Na obra, um jovem casal vive junto distante da cidade. Ash, o marido, sofre um acidente de carro e falece. Uma das amigas de Martha, sua esposa, inscreve-a em um programa experimental, o qual promete “ressuscitar” Ash. Inicialmente, a viúva recusa a oferta, alegando que seria uma falta de respeito com a memória de seu marido. No entanto, emocionada pela descoberta de que está grávida, acaba aceitando participar do programa e se comunicar com os dados do falecido esposo, recebendo mensagens de texto em uma rede neural em que uma inteligência artificial replica o modo de Ash escrever. Ao longo do processo, a interação entre o casal vai aumentando, com comunicação por escrito, por voz e, finalmente, com o corpo e a imagem de Ash na forma de um humanoide. *BE Right Back*, Criação: Charlie Brooker, Produção: Charlie Brooker e Annabel Jones. Episódio 1 (44 min) da temporada 2, da série *Black Mirror*. NETFLIX, 2013.



### 24.3.5 Sistemas e Aplicações

Como foi dito no início desta seção, Ohman e Floridi (2017) propõem uma taxonomia de serviços associados ao pós-morte a partir da análise de um conjunto de sistemas. A esse respeito, vale ressaltar que se observa hoje um movimento duplo em termos de desenvolvimento: por um lado, é crescente a incorporação de serviços relacionados ao pós-morte em sistemas com outras funcionalidades principais, como redes sociais, serviços de e-mail, repositórios de arquivos etc.; por outro lado, assiste-se a uma proliferação de sistemas que têm foco exclusivo em serviços para o contexto do pós-morte, como aqueles para configuração de legado digital ou comunicação póstuma.

Yamauchi *et al.* (2018) os diferenciam como serviços “exclusivamente dedicados a essa finalidade, e os que têm finalidades outras, mas serviços relacionados acoplados”, e ressalta que “os sistemas atuais tendem a possuir arquiteturas, configurações e comportamentos diferentes de quando a literatura começou a investigar questões relacionadas ao legado digital.”

A seguir, comentaremos sobre alguns sistemas que têm se destacado pelas soluções implementadas para o pós-morte. Não nos ateremos, no entanto, a uma classificação formal dos sistemas de acordo com os serviços ofertados, até porque frequentemente combinam mais de uma categoria descrita no estudo de Ohman e Floridi (2017).

Começaremos destacando a incorporação de serviços a sistemas que já são amplamente utilizados e que têm outros propósitos, como o Google e Facebook, os quais têm bilhões de usuários<sup>6</sup> e armazenam diferentes tipos de conteúdos ou bens digitais dos usuários, como, por exemplo, textos, vídeos e fotos. Em 2013<sup>7</sup> o Google adicionou a possibilidade de configurar na conta de seus usuários o *Google Inactive Account Manager (IAM)*, ou seja, um gerenciador de conta inativa. Nesse serviço, o usuário pode definir contatos de confiança, deixar mensagens que serão enviadas para até 10 pessoas, estabelecer quem

---

6 As estatísticas mostram que tanto o Facebook quanto o Google têm mais de 2 bilhões de usuários no mundo. Ver <https://www.statista.com/statistics/264810/number-of-monthly-active-facebook-users-worldwide/> e <https://techcrunch.com/2017/05/17/google-has-2-billion-users-on-android-500m-on-google-photos/>.

7 Veja reportagem publicada quando do lançamento de tal serviço: <https://www.theverge.com/2013/4/11/4213126/google-launches-inactive-account-manager-to-manage-data-after-death>.

pode ter acesso (fazer o download) a seus arquivos e conteúdos em diversos produtos da Google, bem como configurar se deseja que sua conta seja apagada ou não. Note que o Google IAM oferece serviços de gerenciamento de informação (gerenciamento de contas e bens digitais) e transmissão de mensagens póstumas (e-mails póstumos).

O Facebook também permite que o usuário decida se quer que sua conta seja desativada após sua morte, ou se indica alguém para ser o responsável pela conta, a qual se tornará um memorial. O usuário pode definir também se o responsável indicado poderá baixar o conteúdo associado à conta. Assim, podemos dizer que o serviço do Facebook inclui gerenciamento de informação (gerenciamento de contas e bens digitais) e memorial *online* (memorial em rede social). Cabe salientar que nos termos de uso do Facebook, atualmente, há uma cláusula que estabelece que, caso detectada a morte do usuário, o perfil será transformado em um memorial. Para que ele se torne gerenciável por um herdeiro ou seja excluído, o usuário precisa configurar tais funcionalidades.

Entre os sistemas especificamente desenvolvidos para o contexto do pós-morte, destacam-se os de Gerenciamento de Legado Digital (PEREIRA; PRATES, 2017). Esses sistemas permitem que o usuário tome decisões sobre o futuro dos seus bens digitais, o que com frequência envolve vários dos serviços apresentados por Ohman e Fioridi (2017), como o gerenciamento de informações (assim como de bens digitais e instruções) e transmissão de mensagens póstumas.

Sistemas de planejamento de fim da vida são aqueles que normalmente focam no gerenciamento de informações pessoais e instruções póstumas gerais, e não necessariamente envolvem o gerenciamento de bens digitais. As informações muitas vezes estão associadas a aspectos relativos à morte e ações no mundo físico, indo de questões de ordem mais prática (por exemplo, se uma pessoa quer ser enterrada ou cremada, se/onde já tem uma lápide, informações sobre seguro de vida etc.) à mais simbólica (por exemplo, o que uma pessoa quer que seja colocado na lápide, ou a expressão de seus desejos sobre determinados rituais/procedimentos a serem realizados durante o velório ou enterro).

Muitos dos sistemas têm como objetivo oferecer um tipo específico de serviço, como os memoriais *online*. Estes normalmente focam na geração e no gerenciamento de espaços virtuais voltados para home-

nagear um falecido. Alguns são ambientes totalmente virtuais (por exemplo, *Life book*<sup>8</sup> ou *Much Loved*<sup>9</sup>), enquanto outros podem estar associados a espaços físicos, como cemitérios. Nesse caso, há sistemas que apenas apresentam informações sobre algumas das pessoas enterradas, como o aplicativo do cemitério Pére-Lachaise<sup>10</sup> em Paris (PEREIRA et al., 2016, LEITÃO et al., 2017) e há aqueles mais interativos, que permitem que os visitantes criem memoriais associados a lápides (por exemplo, o aplicativo *Inmemorial*<sup>11</sup>) ou acrescentem, colaborativamente, informações a memoriais já existentes. A indústria dos serviços funerários associados às tecnologias têm ofertado diferentes soluções aos indivíduos e avançado na automação de espaços como os cemitérios.

Além disso, enquanto a maioria dos sistemas de memoriais são voltados para pessoas em luto, alguns permitem que o usuário crie um memorial sobre si mesmo, o qual, após sua morte, será disponibilizado para outras pessoas. Esse tipo de memorial muitas vezes está incluso em sistemas que combinam diferentes serviços de gerenciamento de informações, como no caso do *Afternote*<sup>12</sup>.

Outra modalidade de tecnologias digitais voltadas para o pós-morte é a dos sistemas de comunicação póstuma, que envolvem geração, armazenamento e envio de mensagens mediante a morte do usuário. De certa forma, estes podem ser entendidos como um caso específico de sistemas de gerenciamento de legado digital, considerando-se as mensagens como bens digitais que serão entregues uma vez constatada a morte do usuário. Conforme discutido, alguns permitem o envio de mensagem deixada pelo usuário assim que for constatada sua morte (por exemplo, Google IAM e *Afternote*), enquanto outros permitem planejar mensagens para serem enviadas por redes sociais como se o próprio usuário as estivesse enviando (e.g. *Dead.Social*)<sup>13</sup>.

No que se refere à recriação da vida pelas tecnologias, os avanços têm sido possíveis com o uso de Inteligência Artificial. Como exemplo

---

8 <https://www.lifebookuk.com/>.

9 <https://www.muchloved.com/>.

10 <https://itunes.apple.com/pt/app/le-p%C3%A8re-lachaise/id375317077?mt=8>.

11 Ver Inmemorial Cemitério Virtual: <http://inmemorial.com.br/sobrenos.php>.

12 <https://www.afternote.com/>.

13 <http://deadsocial.org/about/>.

de iniciativas dessa natureza, temos os serviços da empresa Eter<sup>14</sup>, uma rede de origem portuguesa, a qual minera os dados disponíveis na Internet para poder imortalizar as pessoas que se cadastram em seu serviço. Isso se dá através do relacionamento entre contas de outras redes sociais (Twitter, Facebook, Instagram etc.), a fim de *criar um “eu digital”* do usuário (GALVÃO *et al.*, 2017).

Note que existe hoje uma quantidade grande de sistemas associados ao pós-morte. Na maioria dos casos, trata-se de sistemas desenvolvidos especificamente com esse objetivo, podendo focar um serviço específico ou uma combinação de variados serviços. A discussão desses serviços e sistemas envolve não apenas questões técnicas do desenvolvimento de novas soluções, mas também novas questões de pesquisa relacionadas a aspectos culturais, legais e que permeiam o tratamento da morte em contextos reais.

#### **24.3.6 Visão Geral sobre Questões de Pesquisa**

Este novo domínio de sistemas relacionados à morte e ao pós-morte gera um conjunto de questões inéditas de pesquisa a serem exploradas. Como vimos anteriormente, diversas pesquisas definem e exploram ideias e noções emergentes, as quais vão surgindo conforme o campo de pesquisa melhor se delineia. A proposta sobre aspectos de Antecipação de Interação não é específica para sistemas relacionados à morte, mas é especialmente crítica para eles. Assim, algumas pesquisas analisam sistemas voltados para a gerência de informações (PRATES *et al.*, 2017) e transmissão de mensagens póstumas (PEREIRA *et al.*, 2016, 2017), a fim de identificar como e se tais sistemas atendem ou não os desafios de antecipação de interação propostos e os impactos das decisões do designer para os usuários neste contexto.

Em relação à volição, pesquisas (MACIEL, 2011, MACIEL, PEREIRA, 2013) identificam requisitos que precisam ser considerados por desenvolvedores da área ao projetarem sistemas relacionados à morte. Questões mais específicas sobre memoriais digitais, sejam eles em espaços *on-line* (LOPES *et al.*, 2015) ou em cemitérios (MACIEL *et al.*, 2017), ou ainda em serviços de memoriais em redes sociais (CAMPOS *et al.*, 2017), têm se mostrado objetos promissores para pesquisas.

---

<sup>14</sup> [www.eter9.com](http://www.eter9.com).

Ainda no que diz respeito ao apoio aos desenvolvedores, cumpre ressaltar que foi proposto o *framework DiLeMa – Digital Legacy Management System Framework* (PEREIRA; PRATES, 2017), em que os autores identificam dimensões que devem ser consideradas no projeto de sistemas que pretendam lidar com o gerenciamento de legado digital.

Algumas pesquisas focam não em apoio ao projeto de sistemas relacionados à morte, mas em como incorporar melhor estes aspectos. Por exemplo, Jiang e Brubaker (2018) investigam como agentes inteligentes podem identificar em sistemas de rede social os perfis de usuários que tenham falecido. A motivação é evitar que o sistema crie situações socialmente indesejáveis, como recomendar a felicitação pelo aniversário a um contato falecido, ou mesmo, como descrito no artigo, a geração de destaque sobre determinado ano na vida de um usuário enfocando eventos como a morte de uma pessoa querida.

A área de jogos vem mostrando preocupação com a questão. Uma das discussões está em torno das possibilidades de herança de bens digitais em jogos, tema atrelado às questões legais e à relação com os termos de uso das aplicações (FARIA *et al.*, 2017). Cumpre também ressaltar que uma categoria específica de jogos – os empáticos<sup>15</sup> – tem permitido analisar as percepções dos usuários quando interagem com aspectos relacionados à fragilidade humana, entre os quais está a morte (SANTOS *et al.*, 2018).

Outros artigos exploram questões relacionadas ao uso e impacto da tecnologia. Em Jamison-Powell *et al.* (2016), os autores entrevistaram usuários de redes sociais para investigar como se sentiriam se recebessem mensagens póstumas de pessoas queridas. Para apresentar o tema aos participantes, os pesquisadores mostraram um vídeo de sistema já existente – o *Dead.Social*. Como resultado, apresentam tanto aspectos de como esse tipo de sistema pode influenciar o processo de luto, quanto outros que transcendem os processos mais estabelecidos de lidar com a morte, envolvendo questões relacionadas à tecnologia; finalmente, identificam conflitos que surgem e que devem ser considerados no projeto destes sistemas.

---

<sup>15</sup> Jogos empáticos têm por objetivo envolver os jogadores em experiências de forte carga emocional, causando comoção e empatia com relação aos dramas das personagens.

Mas, como ficam as questões éticas da realização de pesquisas nessa área? Por exemplo, em um estudo sobre memoriais digitais em que o pesquisador precise coletar dados em memoriais de uma rede social: uma vez que os proprietários das contas estão falecidos, quem deveria dar consentimento para uso desses dados? Ou será que podem ser usados livremente, já que estão em um perfil público? Myles, Cherbai e Millerand (2019) fazem um estudo na perspectiva do luto digital levando em conta que os dados, quando analisados *on-line*, tornam-se mais sensíveis. Os autores alertam que dificilmente se consegue o consentimento das pessoas para uma pesquisa mais aprofundada e concluem ser aceitável que não se use o termo de consentimento, desde que se mantenha o anonimato das pessoas observadas. Mesmo assim, isso deve ser feito com todo cuidado, não somente por serem dados sensíveis, mas também por se referirem a um momento em que a pessoa observada se encontra fragilizada face ao luto.

Alguns grupos de pesquisa têm atuado mais incisivamente nesses temas. Citamos, como exemplo, dois grupos: o Identity Lab, liderado pelo Prof. Jed Brubaker na Universidade do Colorado (ver <http://cmci.colorado.edu/idlab/>); e o projeto DAVI (Dados Além da Vida), coordenado pelo Prof. Cristiano Maciel no Laboratório de Ambientes Virtuais Interativos (LAVI), da Universidade Federal de Mato Grosso, e executado em colaboração com diversos outros grupos de pesquisa. Inclusive, pesquisadores do projeto DAVI elencaram em Maciel e Pereira (2015) alguns desafios de pesquisa nesta área.



### Projeto Davi

O Projeto Dados Além da Vida – DAVI, desenvolvido em conjunto entre diversas instituições e proposto pela Universidade Federal de Mato Grosso, visa investigar, à luz de princípios técnicos, culturais e legais, questões relacionadas ao legado digital pós-morte, a fim de propor soluções para a engenharia de sistemas computacionais no que se refere ao espólio digital deixado por usuários falecidos, considerando as expectativas dos atuais usuários da Internet. Saiba mais em <http://lavi.ic.ufmt.br/davi/>.

É importante ressaltar que neste capítulo destacamos apenas algumas pesquisas que têm sido feitas no Brasil e fora sobre o tema. A seção tem por objetivo mostrar algumas diferentes questões que se tornam relevantes neste contexto do pós-morte, e não fazer uma apresentação

exaustiva geral de todas as pesquisas sendo feitas na área. Até mesmo porque, ao longo do capítulo, outras pesquisas foram apresentadas.

## 24.4 Considerações finais

Neste capítulo, apresentamos uma visão geral sobre tecnologias associadas ao pós-morte. Apresentamos conceitos que surgem nesse novo domínio e que são importantes não apenas para entendermos a área, mas também para considerarmos no projeto e avaliação de sistemas. Também descrevemos tipos de serviços oferecidos através das tecnologias no contexto do pós-morte, ou sendo pesquisados para esse fim, além de darmos uma visão geral de como diferentes tipos de sistemas oferecem tais serviços. Finalmente, apresentamos algumas das questões de pesquisa atualmente investigadas sobre o tema.

Embora nosso foco tenha sido a perspectiva da tecnologia, fica claro ao longo do capítulo que a discussão sobre o pós-morte é altamente interdisciplinar e traz à tona diversas questões e valores sobre os quais devemos refletir, não apenas em termos tecnológicos, mas sobretudo quanto à maneira como dispositivos e sistemas impactam as pessoas individualmente e a sociedade como um todo. Nesse sentido, há que se levar em conta questões de privacidade, de cultura, de ética e de legislação, bem como reflexões filosóficas sobre a finitude da vida. No tocante à legislação, deve-se continuar avançando no que diz respeito ao tratamento da morte, uma vez que a disponibilização e o uso de soluções e funcionalidades têm trazido novos desafios, fomentando definições para a área do Direito. Reforçamos, neste sentido, que o caráter interdisciplinar da temática requer um trabalho conjunto entre as áreas para avanços nas pesquisas.

Certamente, a morte e as tecnologias que envolvem o tratamento desse fenômeno têm um alto custo emocional associado. É preciso considerar esses aspectos tanto no desenvolvimento de sistemas, quanto na condução de pesquisas com pessoas que estejam lidando com a morte. Além disso, aspectos culturais e mesmo religiosos podem ser determinantes em como usuários, desenvolvedores e pesquisadores percebem e lidam com a morte e seus procedimentos associados. Assim, embora a internet favoreça muitas vezes sistemas e soluções globalizadas, estas podem não ser adequadas para comunidades que lidam de forma distinta como fim da vida.

Da mesma forma, as leis que regem a disposição dos bens de uma pessoa falecida são quase sempre de abrangência nacional e variam de um país para outro. Atualmente, em geral, as leis são omissas em relação a bens digitais, embora já existam iniciativas em vários países para tentar regulamentar a herança digital. No Brasil, por exemplo, já foram propostos pelo menos dois projetos de lei que tratam da herança de bens digitais<sup>16</sup>. Por enquanto, ao passo que no âmbito judicial se discute que bens digitais são parte do patrimônio ou não, quais podem ser transmitidos sem autorização prévia do falecido ou não<sup>17</sup>, as regras definidas pelos próprios sistemas, como o Gerenciador de Contas Inativas ou o Facebook, é que têm balizado o registro e a transmissão de parte ou da totalidade dos bens digitais das pessoas.

As questões de herança digital vão além do valor do patrimônio, pois perpassam aspectos também relacionados à privacidade, não apenas da pessoa falecida, mas também daqueles com quem a pessoa mantinha contato e comunicações que podem estar armazenadas nos seus dados digitais. Além disso, já se começa a investigar e propor soluções que buscam a “imortalidade”, oferecendo formas (através de software ou mesmo robôs que atuam como avatares) de gerar um preposto da pessoa falecida. Este vai aprender seus padrões interativos e comunicacionais de modo direto, se em vida a pessoa intencionalmente incluir suas memórias; ou indireto, a partir da análise de mensagens produzidas pelo usuário para outros fins. É fácil ver que essas soluções implicam várias questões éticas e filosóficas que devem ser discutidas de uma forma mais ampla. Para citar algumas: Quem é o responsável pela decisão de criar a representação artificial de uma pessoa falecida? A pessoa em vida toma essa decisão? Se sim, outras pessoas que convivem com ela, como companheiros, filhos ou pais, teriam que ser consultadas? Além disso, uma vez que uma forma artificial representando a pessoa é criada, ela pode ser terminada; nesse caso, quando ou por quem? Se a representação artificial

---

16 Projetos: PL nº N° 4099-A/2012 (atualmente aguardando apreciação do Senado) e PL nº 4.847/2012 (aparentemente anexado ao projeto 4099-A/2012 e arquivado).

17 No Brasil, enquanto se discute a legislação, as famílias já recorrem à justiça com diferentes questões em relação a dados digitais de familiares falecidos, como relata o artigo publicado em Valor Econômico - “Judiciário recebe os primeiros processos sobre herança digital” publicado em setembro de 2018. Ver: <https://www.pressreader.com/brazil/valor-econômico/20180918/282089162679696>.

recebe informações sobre outras pessoas que estão vivas, ela poderia compartilhar esses dados? Poderiam ser ativadas várias cópias da representação artificial de uma pessoa?

Como se pode ver, as questões levantadas não são simples e podem ter um impacto enorme na sociedade como é conhecida nos dias atuais. É importante que essas propostas não sejam simplesmente postas em prática porque a tecnologia que temos hoje as torna possíveis; elas devem ser debatidas com todos os setores da sociedade. Os projetistas de tecnologia têm uma posição fundamental em promover esse debate e uma grande responsabilidade ao refletir sobre as tecnologias relacionadas ao pós-morte, principalmente as que podem mudar nossa relação com a morte e seu impacto na sociedade.

## 24.5 Atividades sugeridas

Agora que você teve a oportunidade de conhecer alguns dos principais tópicos relacionados a tecnologias voltadas para o contexto do pós-morte, que tal refletir um pouco sobre o impacto dessas questões em sua vida cotidiana (dentro e fora do espaço virtual)? As atividades a seguir têm por objetivo suscitar algumas reflexões acerca desse tema.

1. Leia a seguir o conteúdo apresentado na Central de Ajuda do Google acerca do Gerenciador de Contas inativas:

### Sobre o Gerenciador de contas inativas

O Gerenciador de contas inativas é uma forma de os usuários compartilharem partes dos dados das contas deles ou notificarem alguém caso as contas fiquem inativas por um determinado período de tempo. Para configurá-lo, acesse sua página do Gerenciador de contas inativas e clique em Iniciar.



#### Como detectamos atividade?

Observamos diversos sinais para saber se você ainda está usando sua Conta do Google. Dentre eles estão seus últimos logins, sua atividade recente na página Minha atividade, o uso do Gmail (por exemplo, o app Gmail no seu smartphone) e check-ins no Android.

#### O que acontece quando sua conta é excluída?

A exclusão de sua Conta do Google afeta todos os produtos associados a essa conta (isto é, Blogger, AdSense, Gmail) e afeta cada produto de modo diferente. Você pode revisar os dados associados à sua conta no Painel do Google. Se você usa o Gmail com sua conta, não será mais possível acessá-lo. Também não será possível reutilizar seu nome de usuário do Gmail.

#### Por que preciso fornecer um número de telefone de um contato de confiança?

Usaremos o número de telefone apenas para garantir que somente o contato de

confiança pode, de fato, fazer o download de seus dados. A confirmação de identidade usando um número de telefone evita o acesso aos dados por pessoas não autorizadas que possam ter lido o e-mail que enviamos ao seu contato de confiança.

### O que os contatos de confiança receberão?

Os contatos só receberão uma notificação quando suas contas ficarem inativas pelo período especificado. As notificações não serão enviadas durante a configuração. Se você optar por só notificar seus contatos quando a conta tornar-se inativa, eles receberão um e-mail com uma linha de assunto e o conteúdo que você escrever durante a configuração. Nós adicionaremos uma nota de rodapé a esse e-mail, explicando que você instruiu o Google a enviá-lo em seu nome depois que tivesse parado de usar sua conta. Essa nota de rodapé pode dizer algo semelhante a:

João Silva (joao.silva@gmail.com) instruiu o Google a enviar este e-mail automaticamente para você depois que ele parasse de usar a conta dele.

João Silva concedeu acesso aos seguintes dados:

- +1s
- Blogger
- Google Drive
- E-mail
- YouTube

[Faça o download dos dados do João aqui.](#)

Atenciosamente,  
Equipe Contas do Google

Fonte: (<https://support.google.com/accounts/answer/3036546?hl=pt-BR>)

Com base no texto e considerando que você viu neste capítulo que o Gerenciador de Contas Inativas do Google é um serviço de gerenciamento do legado digital pós-morte, responda ao que se pede:

- a. O texto da Central de Ajuda faz referência direta à morte ou à mortalidade do usuário? Como você justificaria essa escolha de palavras na redação do texto?
- b. No exemplo fictício do texto, João da Silva optou por liberar o acesso a alguns de seus dados para um contato de segurança, após sua conta ser detectada como inativa pelo sistema. E você? Que dados desejaría que fossem enviados a um contato de segurança? Tem dados que não gostaria de compartilhar com ninguém? Por quê?
- c. Atualmente, o usuário do Google pode escolher dar acesso aos dados associados a um (ou mais) dos produtos Google. No entanto, não permite que se defina um acesso parcial (por exemplo, a apenas algumas pastas do Drive). Você acha que esta solução atende bem a todos os usuários? Por quê?

- d. Com base na resposta ao item anterior, que tal acessar seu provedor de e-mail e verificar se ele permite a configuração do que você deseja que seja feito com seus dados após sua morte? Caso permita, como ele se compara com o Gerenciador de Contas Inativas da Google?
- e. Caso você tenha conseguido fazer a configuração a que se refere o item anterior desta questão, reflita um pouco: o que você sentiu em relação a essa tarefa? Discuta com seus colegas se todos tiveram o mesmo tipo de sentimento ou não.
2. Observe a imagem a seguir, em que se reproduz uma captura de tela de um perfil no sistema *Never Gone* (<http://www.never-gone.com/>), cuja finalidade é a criação de memoriais digitais para pessoas falecidas.



Esse perfil pertence a John Laurens, tenente-coronel norte-americano nascido em 28/10/1754 e falecido em 27/08/1782, conforme informações disponíveis na aba principal. Até o momento de elaboração desta questão, em dezembro de 2018, o site registrava 4.651 visitas a esse perfil.

Para realizar esta atividade, sugerimos que você acesse o perfil em <https://goo.gl/c8BQ6R>, a fim de se familiarizar com o sistema.

- a. Observe as principais abas a que o perfil dá acesso: *Memorial*, *Life Story* (história de vida), *Gallery* (galeria), *Condolences* (condolências), *Tributes* (tributos), *Memories* (memórias) e *Guest Book* (livro de visitantes). Que elementos do mundo físico, referentes às práticas culturais mortuárias, essas abas modelam?
- b. No canto inferior direito da tela, aparece uma referência a velas acesas para o falecido por visitantes. Nesse contexto, acender uma vela digital equivale a dar um “like” no memorial, aumentando sua reputação. Alguns usuários se sentem à vontade com essa ideia, ao passo que outros se opõem à realização por meios eletrônicos de um ritual que tem suas raízes em valores espirituais. E você? Como se sente diante dessa situação? Acenderia velas em memoriais digitais? Tanto para desconhecidos quanto para pessoas queridas?
- c. Ao clicar na aba *Condolences*, você tem acesso a mensagens deixadas por terceiros. Se, em outros memoriais desse sistema, são frequentes as mensagens de fãs (no caso de falecidos famosos), amigos ou parentes, no perfil de John Laurens, figura histórica do século XVIII, identificamos apenas uma postagem, aparentemente automática, em nome da equipe do site, a qual traduzimos a seguir:

De: Never Gone  
Cara Crystal,  
Sentimos muito pela perda de uma pessoa querida por você. Estaremos aqui para fazer tudo o que pudermos e ajudá-lo a lembrar da vida dessa pessoa. Esperamos que nosso site lhe permita lidar com a perda do seu próprio jeito. Deus abençoe.  
Sua equipe Never-Gone.com

O que você pensa sobre mensagens automáticas de empatia por pessoas enlutadas? Como se sentiria recebendo mensagens dessa natureza em um perfil criado por você para homenagear uma pessoa querida?

- d. Ainda com relação à mensagem anteriormente transcrita, observe que ela veicula alguns valores sobre o luto e a morte dos desenvolvedores e projetistas, como, por exemplo, a referência a Deus. Considerando que um sistema como esse é potencialmente usado por pessoas de diferentes religiões, ou mesmo ateias ou agnósticas, que tipo de simbologia religiosa ou espiritual deve ser usada na interface para respeitar a diversidade de culturas e credos?

- e. Depois de conhecer esse sistema, que tal criar um memorial para um ente querido seu que já tenha falecido? Ou, se você não se sentir à vontade com essa proposta, devido à carga emocional que pode haver, que tal criar um perfil memorial para uma personalidade histórica já falecida? Compartilhe com seus colegas de sala o perfil e troque com eles impressões sobre essa experiência.
3. Além do gerenciamento do legado digital, outro serviço se destaca no contexto de tecnologias associadas ao pós-morte: a comunicação póstuma. Ferramentas que oferecem esse serviço permitem que, em vida, um usuário registre mensagens (de texto escrito ou contendo arquivos multimídia, a depender do pacote contratado) a serem enviadas, após sua morte, a contatos específicos. Uma ferramenta gratuita que modela de forma razoavelmente simples esse processo é o sistema *if i die*, que pode ser acessado em <http://ifidie.org/>. Para realização desta atividade, sugerimos que você visite o site e o explore um pouco antes de prosseguir com os itens seguintes:
- a. Haja vista a singularidade do contexto, mensagens de comunicação póstuma são geralmente marcadas por uma forte carga emocional e/ou por uma estrutura instrucional evidente, registrando comandos para o destinatário. No parágrafo a seguir, traduzido da página inicial do *if i die*, os designers apresentam alguns dos possíveis conteúdos que poderiam ser incluídos em uma mensagem a ser entregue pelo sistema:

if i die.org lhe oferece uma forma de escrever mensagens que são entregues apenas se você morrer. O serviço é gratuito, fácil de usar e completamente seguro. Utilize este site para deixar instruções sobre o que fazer com seus animais de estimação e diários, para escrever cartas a pessoas com quem você se preocupa, ou para qualquer outra coisa que você queira. Não é tão mórbido ou assustador como você pensa; é uma maneira fácil de estar preparado caso algo totalmente inesperado aconteça.

Que outros conteúdos têm significativo potencial para aparecer em mensagens a serem entregues por esse sistema? Pense, primeiro, no que **você** gostaria de escrever para alguns de seus contatos. Depois, expanda essa reflexão para considerar o que outros usuários talvez quisessem enviar após sua morte por meio do *if i die*.

- b. Um ponto crucial na modelagem e na implementação de ferramentas digitais relacionadas ao pós-morte é a forma de detectar se um usuário morreu, pois a esse evento estão condicionadas ações a serem disparadas pelos sistemas. Na Atividade 24.1, vimos que o Gerenciador de Contas Inativas do Google funciona com base na ideia de tempo de inatividade. Um usuário é considerado falecido por esse sistema após determinado tempo sem atividade (por exemplo, logins) em sua conta Google.

Por sua vez, o *if i die* opera a partir de uma lógica diferente, descrita em <http://ifidie.org/learn#details>. Primeiro, o usuário escreve suas mensagens para os destinatários escolhidos, as quais ficam protegidas no sistema até que o sistema identifique a morte do usuário. Em seguida, o usuário nomeia contatos de confiança (tradução livre para “*Safeguards*”), os quais poderão informar ao sistema quando da morte do usuário.

Com base nesse quadro de partes envolvidas, o *if i die* pode detectar a morte de um usuário de duas maneiras: i) caso um destinatário tente acessar uma mensagem no sistema antes de ela lhe ter sido enviada<sup>18</sup>; ou ii) caso um contato de confiança informe ao sistema (por meio de link previamente enviado pelo *if i die*) que o usuário morreu. Em qualquer dos casos o *if i die* enviará mensagens diárias ao usuário e aos contatos de confiança; se, após um mês, nenhuma resposta for obtida, o usuário é dado como morto e a mensagem é entregue.

Face às diferentes formas aqui descritas de detecção da morte do usuário no *Gerenciador de Contas Inativas do Google* e no *if i die*, queremos saber sua opinião: você acha alguma das duas satisfatória? Se sim, por quê? Se não, qual outro procedimento poderia ser adotado?

- c. Agora que você conhece o *if i die*, considere se gostaria de se tornar um usuário do sistema ou não. Discuta com seus colegas as decisões e motivações de cada um para esta decisão.
4. Entre as questões mais controversas no contexto do pós-morte estão as pesquisas ligadas a uma suposta imortalidade digital.

---

<sup>18</sup> Este cenário só é possível caso o destinatário saiba que há uma mensagem para ele no sistema. Quando um usuário registra uma mensagem no *if i die*, tem a opção de informar ao destinatário que ele a receberá postumamente no futuro.

Tais estudos envolvem uso de técnicas de inteligência artificial, robótica, processamento de linguagem natural, entre outras áreas, para *upload* de informações de consciências humanas para avatares, os quais poderiam continuar reproduzindo falas, comportamentos e ideias típicas de uma pessoa mesmo após sua morte. Um dos projetos mais conhecidos é o Bina48, sobre o qual você pode ler uma interessante matéria (e ver alguns vídeos do robô em ação) no link: <http://www.ideafixa.com/oldbutgold/bina48-e-um-robo-que-conta-piada-e-pode-jogar-imagem-e-acao-com-voce>.

Os vídeos também podem ser encontrados nas seguintes URLs:

- parte I: <https://www.youtube.com/watch?v=KYshJRYCArE>
- parte II: <https://www.youtube.com/watch?v=G5IqcRILeCc>

Após assistir a esse vídeo, uma série de questões éticas devem ter lhe ocorrido: Quais são as implicações de uma tecnologia como essa para uma pessoa que está no fim da vida e deseja transferir sua consciência para uma máquina? E quais as consequências disso na vida de familiares e amigos? Quais dilemas éticos devem ser enfrentados por pesquisadores em projetos como esse? E você? Gostaria de ser imortalizado por meio de um avatar? E se sentiria feliz interagindo com um avatar de um ente querido que faleceu?

Organize um debate com seus colegas de classe a fim de discutir os temas acima. Busque também outras fontes de informação (real ou ficcional) sobre projetos de imortalidade digital via avatares para qualificar a discussão.

## Referências bibliográficas

AFTERNOTE. Online service to record your life story, funeral and legacy. Disponível em: <https://www.afternote.com/>. Acesso em: 17 set. 2020.

APPLE APP STORE. Le Père Lachaise. Disponível em: <https://itunes.apple.com/pt/app/le-p%C3%A8re-lachaise/id375317077?mt=8>. Acesso em: 17 set. 2020.

ASES. Avaliador e Simulador de Acessibilidade em Sítios. Disponível em: <https://asesweb.governoeletronico.gov.br/>. Acesso em: 17 set. 2020.

BARANAUSKAS, M. C. C.; de SOUZA, C.; PEREIRA, R. I GranDIHC-BR—Grandes Desafios de Pesquisa em Interação Humano-Computador no Brasil. Relatório Técnico. Comissão Especial de Interação Humano-Computador da Sociedade Brasileira de Computação (2012). Disponível em: [http://comissoes.sbc.org.br/ce-ihc/wp-content/uploads/2017/10/rt\\_grandes\\_desafios\\_ihc\\_2012.pdf](http://comissoes.sbc.org.br/ce-ihc/wp-content/uploads/2017/10/rt_grandes_desafios_ihc_2012.pdf)?x70287.

BAUMAN, Z.; MEDEIROS, C. A. **Identidade: entrevista a Benedetto Vecchi**. Tradução de Carlos Alberto Medeiros. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2005.

BELL, G.; GRAY, J. Digital Immortality Microsoft Corporation, San Francisco, CA, MSR-TR-2000-101, 2000, p.2.

BELLAMY, C. *et al.* Death and the Internet: Consumer Issues for Planning and Managing Digital Legacies. **Australian Communications Consumer Action Network**, 2014.

BRUBAKER, J R. *et al.* Stewarding a Legacy: Responsibilities and Relationships in the Management of Post-Mortem Data. In: **Proceedings of the 32nd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems**. ACM, 2014. p. 4157-4166.

BRUBAKER, J. R.; HAYES, G. R.; DOURISH, P. Beyond the Grave: Facebook as a Site for the Expansion of Death and Mourning. **The Information Society**, v. 29, n. 3, p. 152-163, 2013.

CAMPOS, K. L. de; JUSTI, T.; MACIEL, C.; PEREIRA, V. C. Digital Memorials: A proposal for data management beyond life. In: Proceedings of the 16th Brazilian symposium on human factors in computing systems. Porto Alegre: SBC, 2017. p.218 – 227.

CANCLINI, N. G. Consumidores e cidadãos: conflitos multiculturais da globalização. **Rio de Janeiro: UFRJ**, 2010.

CARROLL, E.; ROMANO, J. **Your Digital Afterlife: When Facebook, Flickr and Twitter are Your Estate, What's Your Legacy?** San Francisco: New Riders, 2010.

DE BILDT, I. H. V. Death on the screen: na imitation of life? Life and death in the online environment. M.S Thesis, Países Baixos, Utrecht, Universidade de Utrecht, 2008, p.52 - 53.

DE OLIVEIRA, J *et al.* A Study on the Need of Digital Heritage Management Platforms. In: **Information Systems and Technologies (CISTI), 2016 11th Iberian Conference on IEEE**, 2016. p. 1-6.

Digital Death and Afterlife Online Services List. Retrieved: April 27, 2018 from <http://www.thedigitalbeyond.com/online-services-list/>.

ETER 9. When your \*counterpart\* is built like you, you don't just use it — you live it. Disponível em: [www.eter9.com](http://www.eter9.com). Acesso em: 16 fev. 2019.

FARIA, V. C.; MACIEL, C.; ARRUDA, N.A.. Uma Análise da Herança Digital no Mundo dos Jogos In Anais do XVI Simpósio Brasileiro de Jogos e Entretenimento Digital, 2017. p.1188 – 1194.

FIREFOX BROWSER ADD-ONS. Web Developer. Disponível em: <https://addons.mozilla.org/pt-BR/firefox/addon/web-developer/>. Acesso em: 17 set. 2020.

GALVÃO, V. F.; MACIEL C. The Acceptability of Digital Immortality: Today's Human is Tomorrow's Avatar, In Proceedings of the XVI Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC 2017), ACM, Joinville, SC, 2017, p. 66.

GALVÃO, V. F.; MACIEL, C.; GARCIA, A.C.B.; VITERBO, J. Life Beyond the Physical Body: The Possibilities of Digital Immortality. In: **Simposio Latinoamericano de Informática y Sociedad (SLIS-CLED-JAII 46 (Córdoba, 2017)**. 2017.

GETTY, E. et al. I Said Your Name in an Empty Room: Grieving and Continuing Bonds on Facebook. In: **ACM. Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. [S.l.], 2011. p. 997–1000.

GIDDENS, A. **As consequências da modernidade**. São Paulo: UNESP, 1991.

GOOGLE SUPPORT. Sobre o Gerenciador de contas inativas. Disponível em: <https://support.google.com/accounts/answer/3036546?hl=pt-BR>. Acesso em: 17 set. 2020.

GULOTTA, R. et al. Engaging with Death Online: An Analysis of Systems that Support Legacy-Making, Bereavement, and Remembrance. In: **ACM. Proceedings of the 2016 ACM Conference on Designing Interactive Systems**. [S.l.], 2016. p. 736–748.

- HALL, S. **A identidade cultural na pós-modernidade.** Tradução Tomaz Tadeu da Silva, Guaracira Lopes Louro. São Paulo: DP&A, 2001.
- HOUAISS, A. Dicionário eletrônico Houaiss da Língua Portuguesa. **São Paulo: Objetiva**, 2012. 1 CD-ROM.
- INMEMORIAL. Cemitério Virtual. Disponível em: <http://inmemorial.com.br/sobreNos.php>. Acesso em: 17 set. 2020.
- JACQUES, M. G. C. Identidade. In: STREY, M. N. et al. **Psicologia social contemporânea**. Petrópolis: Vozes, 1998, p. 159 – 167.
- JAMISON-POWELL, S et al. PS. I Love You: Understanding the Impact of Posthumous Digital Messages. In: **Proceedings of the 2016 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. ACM, 2016. p. 2920-2932.
- JIANG, J.; BRUBAKER, J. R. Tending Unmarked Graves: Classification of Post-mortem Content on Social Media. **Proceedings of the ACM on Human-Computer Interaction**, v. 2, n. CSCW, p. 81, 2018.
- LEITAO, C. F.; MACIEL, C.; PEREIRA, V. C. Exploring the Communication of Cultural Perspectives in Death-Related Interactive Systems. In Proceedings of the 16th Brazilian symposium on human factors in computing systems. Porto Alegre, RS: SBC, 2017. p.247 – 256.
- LIFEBOOK AUTOBIOGRAPHY. The Gift of a Lifetime. Disponível em: <https://www.lifebookuk.com/>. Acesso em: 15 fev. 2019.
- LOPES, A. D.; PEREIRA, V.C.; MACIEL, C. Recomendações para o Design de Memórias Digitais na Web Social In: XIII Simpósio Brasileiro sobre Fatores Humanos em Sistemas Computacionais (IHC 2014), 2014. p.275 – 284.
- MACIEL, C. et al. Valores Humanos. In: BARANAUSKAS, M. C C., de SOUZA, C., PEREIRA, R. (org.). **I GranDIHC-BR — Grandes Desafios de Pesquisa em Interação Humano-Computador no Brasil**. Relatório Técnico, Sociedade Brasileira de Computação (SBC), Cuiabá, MT, ISBN: 978-85-7669-287-4. pp. 27-30. 2014.
- MACIEL, C. Issues of the Social Web Interaction Project Faced with Afterlife Digital Legacy. In: **Proceedings of the 10th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems and the 5th Latin American Conference on Human-Computer Interaction**. Brazilian Computer Society, 2011. p. 3-12.

MACIEL, C., PEREIRA, V.C., LEITÃO, C., PEREIRA, R., VITERBO, J. Interacting with Digital Memorials in a Cemetery: Insights from an Immersive Practice. In Proceedings of Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS), 2017, pp. 1251–1260.

MACIEL, C.; PEREIRA, V. C. **Post-mortem Digital Legacy: Possibilities in HCI**. In: 17th International Conference on Human-Computer Interaction (HCI 2015), v. 9171., 2015, p. 339-349.

MACIEL, C.; PEREIRA, V. C. Technological and Human Challenges to Addressing Death in Information Systems. In **I GranDSI-BR – Grand Research Challenges in Information Systems in Brazil – 2016-2026. Brazilian Computer Society (SBC)**, 2017, p. 161-174.

MACIEL, C.; PEREIRA, V. C. The Internet Generation and its Representation of Death: Considerations for Posthumous Interaction Projects. In **Proceedings of the 11th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems**, 2012, Cuiabá, MT, 2012. p. 85-94.

MASSIMI, M., CHARISE, A. Dying, Death, and Mortality: Towards Thanatosensitivity in HCI. In: **Proc. CHI 2009 Extended Abstracts**, ACM Press 2009, p. 2459-2468.

MASSIMI, M.; BAECKER, R. M. (2010, April). A Death in the Family: Opportunities for Designing Technologies for the Bereaved. In **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. ACM, 2010. pp. 1821-1830.

MASSIMI, M.; ODOM, W.; BANKS, R.; KIRK, D. Matters of Life and Death: Locating the End of Life in Lifespan-Oriented HCI Research. In: **Proc. CHI 2011**. ACM, 2011, p. 987-996.

MORESCO, M. C.; RIBEIRO, R. O conceito de identidade nos estudos culturais britânicos e latino-americanos: um resgate teórico. **Animus: Revista Interamericana de comunicação midiática**. 2015, v.14, n.27.

MUCH LOVED. The memorial tribute charity. Disponível em: <https://www.muchloved.com/>. Acesso em: 15 fev. 2019.

MYLES, D.; CHERBA, M.; MILLERAND, F. Situating Ethics in Online Mourning Research: A Scoping Review of Empirical Studies. *Qualitative Inquiry*, v. 25, n. 3, p. 289-299, 2019.

ODOM, William et al. Passing on & Putting to Rest: Understanding Bereavement in the Context of Interactive Technologies. In: **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. ACM, 2010. p. 1831-1840.

ÖHMAN, C.; FLORIDI, L. The Political Economy of Death in the Age of Information: a Critical Approach to the Digital Afterlife Industry. **Minds and Machines**, v. 27, n. 4, p. 639-662, 2017.

PEREIRA JUNIOR, M.; XAVIER, S. I. de R.; PRATES, R. O. Investigating the Use of a Simulator to Support Users in Anticipating Impact of Privacy Settings in Facebook. In: **Proceedings of the 18th International Conference on Supporting Group Work**. ACM, 2014. p. 63-72.

PEREIRA, F. H. S. et al. Analysis of Interaction Anticipation and Volitive Aspects in Digital Posthumous Communication Systems. In: **Proceedings of the 15th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems**. ACM, 2016. p. 19.

PEREIRA, F. H. S. et al. Combining Configurable Interaction Anticipation Challenges and Volitional Aspects in the Analysis of Digital Posthumous Communication Systems. **SBC Journal on Interactive Systems**, v. 8, n. 2, p. 77-88. 2017.

PEREIRA, F. H. S.; PRATES, R. O. A Conceptual Framework to design Users Digital Legacy Management Systems. In: **Proceedings of the XVI Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems**. ACM, 2017. p. 1.

PEREIRA, V. C.; MACIEL, C.; LEITÃO, C. F. The Design of Digital Memorials: Scaffolds for Multicultural Communication Based on a Semiotic Analysis of Tombs. In: **Proceedings of the 15th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems**. ACM, 2016. p. 25.

POMBO, R. Dicionário de sinônimos da língua portuguesa. Rio de Janeiro: Academia Brasileira de Letras. 2011. 526p. **Coleção Antônio de Moraes Silva**, v. 10. ISBN 978-85-7440-184-3. (verbete 944, p. 481).

PRATES, R. O.; ROSSON, M. B.; DE SOUZA, C. S. Analyzing the Communicability of Configuration Decision Space Over Time in Collaborative Systems through a Case Study. **SBC Journal on Interactive Systems**, v. 8, n. 2, p. 62-76, 2017.

PRATES, R. O.; ROSSON, M. B.; DE SOUZA, C. S. Interaction Anticipation: Communicating Impacts of Groupware Configuration Settings to Users. In: International **Symposium on End User Development**. Springer, Cham, 2015. p. 192-197.

QUINN, A. J.; BEDERSON, B. B. Human Computation: a Survey and Taxonomy of a Growing Field. In: **Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems**. ACM, 2011. p. 1403-1412.

SANTOS, D. B. dos, MACIEL, C.; PEREIRA, V.C.; NUNES, E. Analysis of The Perception of Users of Empathic Games in Discussion Forums and Their Relation to Death. In Proceedings of the 17th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC 2018). ACM, 2018.

STATISTA. Number of monthly active Facebook users worldwide as of 2nd quarter 2020. Disponível em: [//www.statista.com/statistics/264810/number-of-monthly-active-facebook-users-worldwide/](http://www.statista.com/statistics/264810/number-of-monthly-active-facebook-users-worldwide/). Acesso em: 17 set. 2020.

TECHCRUNCH. Google has 2 billion users on Android, 500M on Google Photos. Disponível em: [https://techcrunch.com/2017/05/17/google-has-2-billion-users-on-android-500m-on-google-photos/..](https://techcrunch.com/2017/05/17/google-has-2-billion-users-on-android-500m-on-google-photos/) Acesso em: 17 set. 2020.

THE VERGE. Google launches ‘Inactive Account Manager’ to deal with your data when you die. Disponível em: <https://www.theverge.com/2013/4/11/4213126/google-launches-inactive-account-manager-to-manage-data-after-death>. Acesso em: 17 set. 2020.

UNRUH, D. R. Death and Personal History: Strategies of Identity Preservation. **Social Problems**, Oxford University Press Oxford, v. 30, n. 3, p. 340–351, 1983.

WAVE. Web accessibility evaluation tool. Disponível em: <https://wave.webaim.org/>. Acesso em: 17 set. 2020.

YAMAUCHI, E.A.; MACIEL, C.; PEREIRA, V.C. An Analysis of Users’ Preferences on Pre-Management of Digital Legacy. In Proceedings of the 17th Brazilian Symposium on Human Factors in Computing Systems (IHC 2018). ACM, 2018.



### Agradecimentos

Os autores agradecem a todos alunos e colaboradores que participam das ações em prol do avanço desta temática.

## Sobre os Organizadores

### Cristiano Maciel

Doutor em Ciência da Computação pela Universidade Federal Fluminense (2008), é Professor Associado da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT), docente dos Programas de Pós-Graduação em Educação e em Propriedade Intelectual e Transferência de Tecnologia para a inovação (PROFNIT), pesquisador do Laboratório de Ambientes Virtuais Interativos (LAVI) e Laboratório de Estudos sobre Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação (LêTECE). É Bolsista Produtividade em Pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq. É Diretor de Eventos e Comissões Especiais da Sociedade Brasileira de Computação. Tem interesse em interação humano-computador, engenharia de software, gerência de projetos, redes sociais, governo eletrônico, legado digital pós-morte e tecnologias na educação. <http://lattes.cnpq.br/5234437367053668>

### José Viterbo

Graduado em Engenharia Elétrica (com ênfase em Computação) pela Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, possui Mestrado em Computação, pela Universidade Federal Fluminense, e doutorado em Informática, pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Atualmente é Professor Adjunto no Instituto de Computação da Universidade Federal Fluminense (IC/UFF). É um dos coordenadores do Núcleo de Análise de Dados para a Cidadania (D4Ctz) e pesquisador colaborador no Laboratório de Documentação Ativa e Design Inteligente (ADDLabs), ambos na mesma universidade. Além disso, é Diretor de Publicações da Sociedade Brasileira de Computação (SBC) desde 2013. Atua no Programa de Pós-Graduação em Computação da UFF (PPGC/UFF), onde desenvolve pesquisas na área de computação ubíqua, inteligência coletiva, análise e gestão de dados abertos.

<http://lattes.cnpq.br/8721187139726277>

## Sobre os Autores

### Awdren Fontão

Doutorando do Programa de Pós-Graduação em Informática do Instituto de Computação (ICOMP) na Universidade Federal do Amazonas (UFAM). Suas áreas de pesquisa envolvem: Ecossistemas de Software, Aplicações Móveis, Relações com Desenvolvedores (DevRel). Tem experiência com comunidades de desenvolvedores, onde atuou por seis anos na área de DevRel como evangelista de desenvolvedores da Nokia e Microsoft (Brasil/América Latina).

<http://lattes.cnpq.br/0597440372595970>

### Carlos Denner

É professor da Universidade de Brasília, onde desenvolve pesquisas e soluções tecnológicas na interseção entre administração, sistemas de informação e computação. Estuda a dinâmica das organizações na sociedade digital, o comportamento dos empreendedores na Internet e das pessoas ao se relacionarem com tecnologia para gerar conhecimento científico e valor social através de pesquisa científica e inovação. Carlos Denner se interessa pelo desenvolvimento de software livre e de outras iniciativas de co-produção ou gestão colaborativa como em dados abertos ou textos de autoria compartilhada, áreas que dependem largamente de questões de propriedade intelectual e a aceitação e/ou rejeição de tecnologias e inovações.

<http://lattes.cnpq.br/2061860923656655>

### Esteban Clua

Prof. PhD – Cientista da Computação. Doutor em Computação Gráfica e Processamento Distribuído. Especialista em Jogos Digitais. Líder do grupo UFF Media Lab, consultor de grandes empresas e professor do Instituto de Computação da Universidade Federal Fluminense (IC/UFF).  
<http://lattes.cnpq.br/5234437367053668>

### Fabio Kon

É professor titular de ciência da computação na Universidade de São Paulo. Suas áreas de pesquisa são Sistemas de Software Complexos, Internet, Cidades Inteligentes, Ciência de Dados, Sistemas Distribuídos, Inovação e Startups. Fabio é editor-chefe do SpringerNature Journal of

Internet Services and Applications, coordenador adjunto de pesquisa para inovação da FAPESP e ACM Distinguished Scientist.  
<http://lattes.cnpq.br/2342739419247924>

### **Fabrício Horácio Sales Pereira**

É estudante de doutorado em Ciência da Computação pela Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG). Tem interesse em pesquisas sobre Interação Humano Computador, Engenharia de Software e pesquisas interdisciplinares, principalmente pesquisas sobre experiência do usuário, acessibilidade de sistemas interativos e jogos digitais. Trabalha na área de testes de softwares e inspeção de interfaces no Centro de Comunicação Web da UFMG. É membro do Núcleo de Pesquisa em Engenharia Semiótica e Interação (PENSi) do Departamento de Ciência da Computação da UFMG. Trabalha com Legado Digital e pesquisas relacionadas com o destino futuro dos dados desde 2015.

<http://lattes.cnpq.br/6883739877796880>

### **Gilberto Sudré**

Professor e Pesquisador da FAESA – Centro Universitário e IFES - Instituto Federal do ES. Coordenador do Laboratório de Pesquisa em Segurança da Informação e Perícia Computacional Forense - LABSEG Perito e Assistente Técnico em Computação Forense. Coordenador do Cisco Academy Support Center Ifes-ASC. Instrutor da Academia de Polícia do ES na área de Computação Forense. Professor da EMERJ - Escola da Magistratura do Estado do Rio de Janeiro no Curso de Aperfeiçoamento de Magistrados – Cibercrimes. Membro da Sociedade Brasileira de Ciências Forenses. Membro da HTCIA - High Technology Crime Investigation Association. Liderança do Singularity University - Vitória Chapter. Membro do Comitê Técnico CB21/CE27 - Tecnologia da Informação – Técnicas de Segurança da ABNT (Associação Brasileira de Normas técnicas). Membro fundador do DC5527, grupo local da Conferência Internacional de Segurança da Informação DEF CON. Comentarista de Tecnologia da CBN e TV Gazeta. Autor dos livros Antenado na Tecnologia e Redes de Computadores e co-autor dos livros Internet: O encontro de 2 Mundos, Segurança da Informação: Como se proteger no mundo Digital, Marco Civil da Internet, Processo Judicial Eletrônico e Tratado de Computação Forense.

<http://lattes.cnpq.br/7036261180355869>

### **Gustavo Martinelli**

Advogado e Professor Universitário, especialista em Direito Digital, Mestre em Direitos e Garantias Fundamentais pela FDV, Pós-graduado em Direito Digital e membro do SecurityCast – o Webcast sobre Segurança da Informação. É graduado em Direito e Ciências da Computação. Atua nas áreas do Direito Digital, Consumidor, Cível (Obrigações, Contratos, Família e Sucessões) e Empresarial. Trabalhou durante 15 anos na área de Tecnologia da Informação com foco em gerenciamento eletrônico de documentos. É membro do Grupo de Pesquisa – Justiça e Direito Eletrônicos – GEDEL, coautor dos livros Marco Civil da Internet pela Ed. Atlas e Processo Judicial Eletrônico pelo Conselho Federal da OAB. Foi Instrutor da Escola Superior de Advocacia – ESA da OAB/ES para o Curso de Peticionamento Eletrônico.

<http://lattes.cnpq.br/2631794222568810>

### **Gustavo Pinto**

Doutor em Ciência da Computação pelo Centro de Informática da Universidade Federal de Pernambuco (CIn/UFPE). É professor Adjunto da Universidade Federal do Pará (UFPA). Sua pesquisa se concentra nas interações entre pessoas e código, abrangendo as áreas de engenharia de software e linguagens de programação.

<http://lattes.cnpq.br/1631238943341152>

### **Gustavo Robichez**

Doutor em Informática pela PUC-Rio. É Professor do quadro complementar do Departamento de Informática da PUC-Rio. É um entusiasta da multidisciplinaridade, atuando na aplicação de tecnologia para transformar a sociedade. Tem larga experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Inovação, Planejamento Estratégico e Engenharia de Software, atuando principalmente nos seguintes temas: planejamento e reorganização de TI, avaliação de tendências em TI, qualidade de software, aquisição de software, processos de desenvolvimento de software, reuso e arquitetura de software, data science, mapeamento e otimização de processos, distributed ledger technologies, blockchain e smart contracts.

<http://lattes.cnpq.br/5303642574192362>

## **Hélio Lopes**

Professor do quadro principal do Departamento de Informática da PUC-Rio. Se formou em Engenharia de Computação, fez o Mestrado em Informática e o Doutorado em Matemática, todos na PUC-Rio. É co-coordenador do DAS LAB, que é um núcleo de inovação tecnológica em Data Science do Departamento de Informática da PUC-Rio. O Professor Hélio gosta de desenvolver e aplicar métodos avançados de Estatística, Matemática e Computação para prover soluções de problemas relevantes para a Indústria. Ele também co-coordena programas de inovação voltados para transformação digital da Indústria  
<http://lattes.cnpq.br/9199970180870105>

## **Igor Steinmacher**

Doutor em Ciência da Computação pelo Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo (IME/USP), em 2015, é Professor Assistente da Northern Arizona University (NAU), EUA, afastado da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Campus Campo Mourão. Foi membro da Comissão Especial de Sistemas Colaborativos (2015-16) e membro da Comissão de Educação (2015-17) da Sociedade Brasileira de Computação. Tem interesse em software livre, aspectos humanos e sociais da engenharia de software e sistemas colaborativos, tendo atuado com mineração de repositórios e pesquisas qualitativas relacionadas a esses tópicos. <http://lattes.cnpq.br/5529725593221391>

## **Igor Wiese**

Doutor em Ciência da Computação pelo Instituto de Matemática e Estatística da Universidade de São Paulo (IME/USP), em 2016, é Professor Adjunto da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) - Campus Campo Mourão. Tem interesse em software livre, aspectos humanos e sociais da engenharia de software, tendo atuado com mineração de repositórios e sistemas de recomendação aplicados à engenharia de software. <http://lattes.cnpq.br/0447444423694007>

## **Juliana Costa Fernandes**

Graduada em Análise e Desenvolvimento de Sistemas pelo Instituto Federal do Piauí, possui especialização em Sistemas de Informação para Web pelo Centro de Ensino Unificado de Teresina/Estácio e mestrandra em Informática no Programa de Pós-Graduação em Informática

da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro. É Professora no Instituto Federal do Piauí e atualmente desenvolve pesquisas principalmente nas áreas de ecossistemas de software, sistemas-de-sistemas, interoperabilidade e informática na educação.  
<http://lattes.cnpq.br/6231960529807095>

### **Kátia Morosov Alonso**

Possui Graduação em Pedagogia pela Universidade Federal de Mato Grosso (1985), Mestrado em Educação pela Universidade Federal de Mato Grosso (1992) e Doutorado em Educação pela Universidade Estadual de Campinas (2005). Atualmente é professora associada da Universidade Federal de Mato Grosso. Docente do Programa de Pós-Graduação em Educação – PPGE – do Instituto de Educação da UFMT. Líder do Grupo de Pesquisa Laboratório de Estudos Sobre Tecnologias da Informação e Comunicação na Educação – LêTece. Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Educação a Distância, atuando principalmente nos seguintes temas: experiências em EaD/ tecnologias, uso das tecnologias da informação e comunicação – TIC – na educação. Trabalha, atualmente, com pesquisa sobre as TDIC, com foco nos processos de interação e mediação. <http://lattes.cnpq.br/3326858103129656>

### **Marco A. Gerosa**

Doutor em Informática pela PUC-Rio, é professor Associado da Northern Arizona University (NAU), EUA, e membro da pós-graduação do Depto. de Ciência da Computação do IME/USP. Sua pesquisa concentra-se na intersecção da Engenharia de Software e Sistemas Colaborativos, investigando aspectos técnicos e sociais de comunidades de software livre. Foi editor de periódicos científicos, chair de comitê de programa de eventos internacionais e nacionais e membro de diversos comitês de programa de eventos. <http://lattes.cnpq.br/4507073071352893>

### **Marcos Kalinowski**

Professor do quadro principal do Departamento de Informática da PUC-Rio, onde orienta pesquisas de mestrado e doutorado no Laboratório de Engenharia de Software (LES). O grupo de pesquisa que coordena possui foco em problemas reais e investiga tecnologias e soluções inovadoras que possam trazer benefícios efetivos para a indústria de software e para a sociedade como um todo. O grupo tem atuado

de forma colaborativa com grupos de pesquisa renomados (dentro e, principalmente, fora do país) e com empresas que buscam a excelência em suas operações. <http://lattes.cnpq.br/1095304607841635>

### **Nelson Lago**

É Mestre em Ciência da Computação pela Universidade de São Paulo e trabalha como gerente técnico do Centro de Competência em Software Livre do IME/USP (CCSL). Suas principais áreas de interesse são Software Livre, Sistemas Distribuídos e Computação Musical.

<http://lattes.cnpq.br/3569882396619399>

### **Paulo Henrique Alves**

Mestre em Informática pela PUC-Rio, onde atualmente cursa doutorado. Tem interesse em tecnologias de registro distribuído e suas aplicações. Integrante voluntário na Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) no grupo de trabalho sobre Smart Contracts (ISO-307-GT3) com a responsabilidade de contribuir na elaboração, revisão e adequação de normas da ISO/TC 307 - Blockchain and distributed ledger technologies no contexto brasileiro.

<http://lattes.cnpq.br/5288367023426585>

### **Rafael Nasser**

Doutor em Informática pela PUC-Rio. Consultor, pesquisador, professor e empreendedor da área de Tecnologia. Atua na PUC-Rio com especial olhar para o fortalecimento da cooperação Universidade-Empresa e da multidisciplinariedade em diferentes núcleos e iniciativas da Universidade. Dentre suas atuais áreas de interesse estão: Blockchain/DLT & Smart Contracts; Data Science & Artificial Intelligence; Internet of Things; e Innovation and Entrepreneurship.

<http://lattes.cnpq.br/9503735014198416>

### **Raquel Oliveira Prates**

É Doutora e Mestre em Informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (PUC-Rio), e Bacharel em Ciência da Computação pela UFMG. Professora associada no Departamento de Ciência da Computação da UFMG, no qual coordena o Núcleo de Pesquisa em Engenharia Semiótica e Interação (PENSi). Atua principalmente na área de Interação Humano-Computador e Sistemas Colaborativos, com foco na teoria da Engenharia Semiótica e seus métodos, progra-

mação e adaptação pelo usuário final, responsabilidade social em computação (privacidade, ética, acessibilidade e tecnologias associadas à morte), e educação de IHC e computação. <http://lattes.cnpq.br/2951269593210008>

### **Rodrigo Laigner**

Mestrando em Informática pela PUC-Rio. É membro do membro do Laboratório de Engenharia de Software e colaborador do Instituto Tecgraf/PUC-Rio. Sua pesquisa concentra-se na área de Engenharia de Software, investigando aspectos de sistemas Big Data, arquitetura e design de software. <http://lattes.cnpq.br/5715870522194378>

### **Rodrigo Pereira dos Santos**

Professor do Departamento de Informática Aplicada e membro efetivo do Programa de Pós-Graduação em Informática da Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO). Doutor em Engenharia de Sistemas e Computação pela COPPE/UFRJ. Atuou como pesquisador visitante na University College London (UCL, 2014-2015) e como consultor em projetos de P&D em engenharia de sistemas na indústria nacional pela Fundação Coppetec (2008-2017). É editor-chefe da iSys: Revista Brasileira de Sistemas de Informação. É membro do Comitê Gestor da Comissão Especial de Sistemas de Informação da Sociedade Brasileira de Computação. Seus temas de pesquisa envolvem Ecossistemas de Software, Engenharia de Requisitos e Educação em Engenharia de Software. <http://lattes.cnpq.br/8613736894676086>

### **Rosana Abutakka V. dos Anjos**

Possui graduação em Pedagogia, pelo Instituto Cuiabano de Educação (2000). Especialização no Ensino de Filosofia e Sociologia, na Educação Básica, pelo IBPEX (2001). Especialização em Psicopedagogia pela Universidade Católica Dom Bosco (2017). Mestrado em Educação pela Universidade Federal de Mato Grosso – UFMT (2015). Doutoranda em Educação pela UFMT. Membro do Grupo de Pesquisa: Laboratório de Estudos sobre Tecnologia da Informação e Comunicação na Educação – LêTece. Servidora técnica da UFMT. Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Educação a Distância, atuando principalmente nos seguintes temas: Cibercultura e Aprendizagem Aberta, Tecnologia Educacional e Ambientes Virtuais de Aprendizagem.

<http://lattes.cnpq.br/0439428369048408>

### **Rosiane de Freitas**

Profa. PhD - Cientista da Computação. Doutora em Teoria da Computação e líder de grupo de pesquisa do CNPq em “Otimização, Algoritmos e Complexidade Computacional” – ALGOX e professora do Instituto de Computação da Universidade Federal do Amazonas (IComp/UFAM). Especialista em Entretenimento Digital, sendo co-fundadora da FunTechShow. <http://lattes.cnpq.br/8721187139726277>

### **Vinícius Carvalho Pereira**

É Doutor e Mestre em Ciência da Literatura pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Bacharel e Licenciado em Letras Português-Inglês pela Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ). Professor do Departamento de Letras e do Programa de Pós-Graduação em Estudos da Linguagem da Universidade Federal do Mato Grosso (UFMT). Estágio pós-doutoral na Universidade de Nottingham (UoN), no Reino Unido. Atua principalmente nas seguintes áreas: Línguas Estrangeiras Modernas; Literatura Moderna e Contemporânea; Literatura, Mídia e Tecnologia; Semiologia. <http://lattes.cnpq.br/5304593788129950>

### **Walter Capanema**

Advogado, professor e autor. Coordenador-Geral dos Cursos em EAD da Escola da Magistratura do Estado do Rio de Janeiro. Coordenador-Geral dos Cursos em Extensão de Direito Eletrônico da Escola da Magistratura do Estado do Rio de Janeiro. Diretor de Inovação e Ensino da Smart3. Pós-Graduado em Direito Público e Privado pela EMERJ-UNESA. Professor Convidado UERJ, FGV/RJ, EMERON, EPM, EJUSE, EJAP, EJUD, UNICORP, Faculdade Baiana de Direito, UFRJ, ESA/RJ, MP/RJ, ICP/RJ. <http://lattes.cnpq.br/3507687322477865>



A Computação molda a vida contemporânea em praticamente todos os seus aspectos; desde a saúde e educação, passando pelo transporte, energia, entretenimento e demais atividades rotineiras. Discutir as relações entre a Computação, suas tecnologias e a sociedade, e compreender suas repercussões na vida social e do planeta, é, portanto, imperativo, para que essas tecnologias continuem a ser fortes vetores de desenvolvimento, com a devida atenção à sustentabilidade ambiental, econômica, aos direitos individuais e coletivos, permitindo que os benefícios tecnológicos da Computação cheguem a todos e todas.



Este livro contribui de forma importante para esse debate, com reflexões sobre a profissão do fazer a Computação, respectivas implicações nas relações sociais e tecnologias emergentes.

Parabenizo aos professores Cristiano Maciel, da UFMT e José Viterbo, da UFF, por encamparem esse grande desafio, que resultou nos textos de 68 pesquisadores e profissionais, dos mais respeitados de nossa comunidade.

### Raimundo J. de A. Macêdo

Presidente da Sociedade  
Brasileira de Computação

