

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação

Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação

Lucas Eishi Pimentel Mizusaki

O Ensino Hacker: o Digital Divide e o  
Professor como Inventor

Porto Alegre, 2021

# O Ensino Hacker: o Digital Divide e o Professor como Inventor

Lucas Eishi Pimentel Mizusaki

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação (PPGIE) do Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação (CINTED) da Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), como requisito para obtenção do título de Doutor em Informática na Educação.

Orientador: Dante Augusto Couto Barone  
Linha de pesquisa: Paradigmas para a Pesquisa sobre o Ensino Científico e Tecnológico

### CIP - Catalogação na Publicação

Mizusaki, Lucas Eishi Pimentel  
O Ensino Hacker: o Digital Divide e o Professor  
como Inventor / Lucas Eishi Pimentel Mizusaki. --  
2021.  
183 f.  
Orientador: Dante Augusto Couto Barone.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul, Centro de Estudos Interdisciplinares em  
Novas Tecnologias na Educação, Programa de  
Pós-Graduação em Informática na Educação, Porto  
Alegre, BR-RS, 2021.

1. Aprendizagem e invenção. 2. Ensino Hacker. 3.  
Tecnologia no Ensino. I. Barone, Dante Augusto Couto,  
orient. II. Título.



SERVIÇO PÚBLICO FEDERAL  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
CENTRO INTERDISCIPLINAR DE NOVAS TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM INFORMÁTICA NA EDUCAÇÃO

S **ATA SOBRE A DEFESA DE TESE DE DOUTORADO  
LUCAS EISHI PIMENTEL MIZUSAKI**

Às nove horas do dia vinte e nove de março de dois mil e vinte e um, no endereço eletrônico <https://mconf.ufrgs.br/spaces/bancas-dos-orientandos-do-profdante-barone>, conforme a portaria 2291 de 17/03/2020 que suspende todas as atividades presenciais possíveis, nesta Universidade, reuni-se a Comissão de Avaliação, composta pelos Professores Doutores: Sérgio Roberto Kieling Franco, Clarice Salete Traversini, Christian Puhlmann Brackmann para a análise da Defesa de Tese de Doutorado intitulada “**O Ensino Hacker: O Digital Divide e o Professor como Inventor**”, do doutorando de Pós – Graduação em Informática na Educação Lucas Esihi Pimentel Mizusaki sob a orientação da Prof. Dante Augusto Couto Barone.

A Banca, reunida, após a apresentação e arguição, emite o parecer abaixo assinalado.

[ ] Considera a Tese Aprovada  
( X ) sem alterações;  
( ) sem alterações, com voto de louvor;  
( X ) e recomenda que sejam efetuadas as reformulações e atendidas as sugestões contidas nos pareceres individuais dos membros da Banca;

[ ] Considera a Tese Reprovada.

Considerações adicionais (a critério da Banca):

A banca considera que as contribuições de Lucas Mizusaki são compatíveis com o que se espera de teses de Doutorado do PPGIE e sugere que no volume final sejam observadas as seguintes sugestões :

- que seja melhor explicitada no resumo e introdução da tese problema de pesquisa a ser tratado na tese;
- que seja colocada vinculação do tema de pesquisa abordado com as novas diretrizes curriculares, as BNCC, e
- que seja providenciado aperfeiçoamento da apresentação dos dados das entrevistas efetuadas.

Prof. Dr. Dante Augusto Couto Barone  
Orientador

\_\_\_\_\_(videoconferência)\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Sérgio Roberto Kieling Franco  
PPGIE/UFRGS

\_\_\_\_\_(videoconferência)\_\_\_\_\_  
Prof.<sup>a</sup> Dr.<sup>a</sup> Clarice Salete Traversini  
PPGEdu/UFRGS

\_\_\_\_\_(videoconferência)\_\_\_\_\_  
Prof. Dr. Christian Pulmann Brackmann  
IFFAR

“O que essas máquinas realmente fazem?  
Elas aumentam o número de coisas que  
podemos fazer sem pensar. As coisas que  
nós fazemos sem pensar – eis o verdadeiro  
perigo!” – Frank Herbert

Universidade Federal do Rio Grande do Sul

Reitor: Prof. Carlos André Bulhões Mendes

Vice-Reitora: Prof<sup>a</sup>. Patricia Pranke

Pró-Reitor de Pós-Graduação: Prof<sup>a</sup>. Cintia Inês Boll

Diretor do CINTED: Prof. Leandro Krug Wives

Coordenadora do PPGIE: Prof<sup>a</sup>. Liane Margarida Rockenbach Tarouco

## **Agradecimentos:**

São muitos os nomes que contribuíram direta ou indiretamente para a escrita desta tese. Ficam os meus agradecimentos aos familiares, amigos, colegas, professores e funcionários com quem convivi durante esses anos, dentro e fora do ambiente acadêmico da universidade. Gostaria de deixar meus agradecimentos a todos e uma homenagem especial àqueles que se foram.

É necessário mencionar que esta tese foi escrita, a pandemia de COVID-19, na qual o negacionismo de figuras de poder, assim como uma verdadeira indústria criada ao redor da desinformação, causaram mortes desnecessárias e atrapalharam os esforços para salvar vidas. Agradeço aos trabalhadores, tanto os essenciais, como enfermeiros, médicos, motoristas, faxineiros, seguranças, entregadores e servidores públicos, assim como aqueles que tiveram que trabalhar em contato com o público em condições sanitárias não ideais, como lojistas e professores.

## Resumo

As Tecnologias da Informação e Comunicação se tornaram uma infraestrutura vital, gerando uma nova forma de desigualdade socioeconômica, pois quem não tem acesso a elas, ou ao conhecimento de como operá-las, não tem acesso a toda uma dimensão de fazeres. Para a educação, em especial, isso se torna um problema, pois, se, por um lado, passa-se a educar por meio delas, também deve-se educar para elas para uma Sociedade da Informação, na qual saberes específicos sobre essas máquinas são competências essenciais. Mas a tecnologia é uma caixa-preta, inescrutável para seus usuários, e também não é um elemento passivo, conformando e entrando nos fazeres, ameaçando a autonomia de seus usuários ao mesmo tempo em que abre possibilidades para novidades e imprevistos. O usuário também adiciona uma grande dose de criatividade e imprevisibilidade no seus usos. Dessa forma, é necessário criar modos para se entender como se aprende sobre e pela a tecnologia, relacionando a cognição e a invenção com a arregimentação de elementos e fenômenos diversos. Essa tese tenta lançar uma luz a esse fenômeno por meio da epistemologia genética de Piaget com as observações de Latour sobre a mediação técnica. Com isso, pretende-se propor uma cognição estendida pela tecnologia, de modo a repensar o papel do professor nessa Sociedade da Informação como sendo de um inventor, ou mesmo um hacker, que busca expressar o seu fazer pedagógico em uma educação cada vez mais intimamente intermediada pelas máquinas. Além dessas observações teóricas, propõe-se o uso de entrevistas para se observar as percepções dos próprios professores sobre os seus fazeres, de modo a compreender suas compreensões sobre a tecnologia que utilizam.

**Palavras-chave:** Aprendizagem e invenção; ensino hacker; tecnologia no ensino;

## **Abstract**

As ICTs became a vital infrastructure, they created a new form of socioeconomic inequality: those who have no access to them, or to the knowledge on how to use them, loose access to a whole dimension of life. Particularly for education, the problem is that, while they are becoming a mean to educate, it is also becoming necessary to educate for them, for an Information Society, in which specific knowledge about the use of these machines is essential. But, if the technology is a black box, inscrutable for its users, it is not a passive element, conforming actions and threatening the autonomy of its users at the same time it opens up possibilities for novelties and unforeseen events. The user also adds a great deal of creativity and unpredictability to the whole process. Thus, it is necessary to create a mean to understand how one learns about and through technology, relating cognition to invention with the regimentation of different elements and phenomena. This thesis tries to shed light on this through Piaget's genetic epistemology and Latour's observations on technical mediation. The intention is to propose a concept of cognition extended by technology, in order to rethink the role of the teacher in this Information Society as an inventor, or even a hacker, who seeks to express their pedagogical intention in an education increasingly intimate mediated by the machines. In addition to these theoretical opinions, the use of choice is offered to observe how teachers' own perceptions about their doings, in order to understand their understanding of the technology they use.

**Keywords:** Learning and inventing; Hacker teaching; Technology and teaching;

## **Lista de Abreviaturas e Siglas**

BNCC	Base Nacional Curricular Comum
EAD	Ensino à Distância
EPIs	Equipamento de Proteção Individual
ERE	Ensino Remoto Emergencial
GPS	Global Positioning Satellite
IA	Inteligência Artificial
ONG	Organização Não Governamental
TIC	Tecnologia da Informação e Comunicação
VPN	Virtual Private Network, ou Rede Virtual Privada

## Lista de Figuras

Fig. 1: Seria possível imaginar as TICs como um conjunto de objetos na fronteira entre duas gerações, uma que a domina, outra que a não?.....	12
Fig. 2: Sheffield from Attercliff road. Ilustrado por E. Blore e G. Cooke, 1819.....	20
Fig. 3: A caixa-preta reduz o sistema a um conjunto de entradas e saídas.....	21
Fig. 4: Uma máquina de Turing com duas operações: Trocar B por A, pulando o símbolo depois de C.....	29
Fig. 5: A calculadora mecânica Curta, de 1938. Máquinas de calcular mecânicas foram praticamente substituídas pelas máquinas de calcular eletrônicas.....	33
Fig. 6: Exemplo de arquitetura vn Neumann, a CPU precisa usar um bus de entrada e saída (I/O) para acessar o armazenamento externo (HD).....	36
Fig. 7: A "trindade" de 77, os três primeiros computadores pessoais comercializados. ....	38
Fig. 8: O ciberespaço é um espaço virtual de recursos ligados em rede disponível por uma rede de computadores, na qual nem todos estarão ligados diretamente. Os caminhos físicos são independentes dos caminhos digitais.....	42
Fig. 9: No filme 2001, o encontro com o monolito transforma os antepassados humanos, tornam-se bípedes e aprendem a usar ferramentas.....	70
Fig. 10: A máquina de Newcomen em dois momentos, expansão e contração.....	79
Fig. 11: A máquina de Watt não utiliza uma injeção de água para resfriar e contrair. .	80
Fig. 12: A máquina recíproca consegue usar a pressão do vapor na expansão e na contração.....	81
Fig. 13: O determinismo de máquina propõe um caminho entre usuário e desenvolvedor.....	83
Fig. 14: O vale dos olhos, representando as diferentes evoluções de olhos na natureza. ....	86
Fig. 15: O quadro de composição de Bruno Latour.....	97
Fig. 16: Exemplo de um simpls diagrama de casos de uso, com três tipos de usuários .....	126

## Sumário

1. Introdução.....	9
1.1 Definindo a Tecnologia.....	15
1.2 A Metodologia deste Trabalho.....	24
1.3 Notas sobre o contexto.....	26
2. Computadores e Redes.....	29
2.1 A revolução da microeletrônica e o nascimento da sociedade da informação...32	
2.2 Info-capitalismo e Plataformas.....	46
2.3 Tecno poder e fenômenos emergentes.....	54
2.4 Uma Cidadania Digital numa Sociedade da Informação.....	60
3. A Invenção, e a Tecnologia a Partir da Cognição.....	69
3.1. O Desenvolvimento Cognitivo.....	70
3.2 O Desenvolvimento tecnológico e o processo de abstração.....	78
3.3 Máquinas e processos evolutivos.....	85
3.4 Aprendizagem e a máquina.....	88
4. A Inovação, e a mudança da Cognição pela Tecnologia.....	101
4.1 Mundos Virtuais.....	105
4.2 O Ciborgue.....	114
4.3 O Hacking como princípio de invenção.....	120
5. As TICs e a Educação.....	125
5.1 O Computador entra na Escola.....	126
5.2 A Escola entra no Computador.....	131
6. Um Ensaio sobre a Tecnologia no Ensino.....	138
6.1 As respostas dos professores sobre a adoção da tecnologias.....	140
6.2 O ERE e as Limitações de Acesso à Tecnologia.....	150
7. Conclusões.....	155
7.3 Trabalhos futuros.....	163
Glossário.....	164
REFERÊNCIAS.....	167

## 1. Introdução

A Informática na Educação é um campo de pesquisa que busca criar metodologias para o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no ensino, trazendo, também, teorias para a compreensão dos impactos causados pela adoção dessas tecnologia, apontando necessidades e potencialidades que surgem à medida em que se consolida a “**sociedade da informação**”<sup>12</sup>, na qual as TICs são uma infraestrutura amplamente utilizada, necessária e, até mesmo, vital.

Parte-se do princípio que a humanidade vive uma revolução. Em meio século, a informática se tornou um espaço de expansão tecnológica, se aliando às tecnologias de comunicação para criar a internet, uma rede mundial de computadores, um ciberespaço, um local descolado da geografia física, no qual grandes volumes de informação são trocados ao redor do mundo, a um custo e um tempo mínimo. As TICs se desenvolveram e se complexificaram exponencialmente por décadas, gerando algo novo, desconhecido. Foi um processo de aceleração e miniaturização possibilitado pela microeletrônica que gerou computadores cada vez mais baratos, tornando-os acessíveis e praticamente onipresentes. Talvez o ápice dessa revolução seja o *smartphone*, um aparelho portátil que permite um acesso ubíquo à internet e a vários recursos eletrônicos, como câmeras, sistemas de localização e uma diversidade de sensores.

As TICs são a marca a **sociedade da informação**. Sua primeira característica é a disponibilidade de um poder de processamento automático e massivo de informações que impulsiona a pesquisa e o desenvolvimento diversos campos da ciência, da engenharia e da administração, aumentando a eficiência (e, muitas vezes substituindo completamente) do trabalho humano (tanto o físico, quanto o intelectual), e se integrando nas próprias relações e fazeres relacionados ao trabalho. A sua segunda característica vem da criação de uma realidade digital, um ciberespaço, um mundo de informação ao qual se mantém em um contato constante, podendo ser acessado quase instantaneamente.

Essas tecnologias se disseminaram como soluções para uma série de problemas

- 1 O termo sociedade da informação foi criado se referindo à sociedade em rede de Castells (2009). Castells afirma que a lógica do *networking*, da criação de redes de telecomunicação, é dominante na sociedade contemporânea, e possui uma maior influência de poder do que os próprios interesses expressos na rede, ou "o poder do fluxo precede os fluxos do poder". Optou-se por usar o termo informação para reforçar a importância do processamento de dados e suas possibilidades, e não com a comunicação em rede.
- 2 Termos em negrito estão referenciados no glossário ao final deste trabalho.

humanos, tornam os fazeres mais eficientes, cortaram custos, criaram possibilidades e abrem possibilidades. A revolução da sociedade da informação também foi seguida pela incorporação da tecnologia a educação, inicialmente, como aliadas, um “avanço”, uma melhora que vai tornar as aulas mais interessantes, disponibilizar o acesso a diferentes recursos e materiais educativos, que permitirá ao aluno desenvolver trabalhos usando ferramentas poderosas como a simulação e a multimídia. Mas há um outro lado dessa revolução, para quem resiste aos avanços, surge a sombra obsolescência, ameaçando jogar a pessoa para trás na marcha da história. Com novas possibilidades, também surgem novos problemas, questões que seriam impensáveis tornam-se realidade.

Nenhuma tecnologia, seja o fogo, a roda, o navio, ou o computador, explica por si mesma as mudanças que causa. Pelo contrário, ela adquire uma significação na forma como é produzida e utilizada pelas pessoas e pelas sociedades. Referir-se a uma **sociedade da informação** significa referir-se a uma transformação dos seres humanos, seus hábitos, seus conhecimentos, seus costumes. É referir-se a uma crise, a um momento em que as narrativas e os hábitos estabelecidos deixam de explicar os processos nos quais se inserem, é o momento em que o imaginário e os saberes não explicam mais o que está acontecendo. Quando as TICs começam a ocupar um espaço central na sociedade, elas causam rupturas sociais em diversos sentidos, alterando os costumes, o trabalho e até a cidadania, de uma forma não compreendida de imediato pela própria sociedade.

Assim, a **sociedade da informação** parece conformar uma fronteira. De um lado, haveria um mundo analógico, anterior, onde o processamento de informação é um trabalho humano, e as pessoas se relacionavam com tecnologias independentes e separadas. Do outro lado, haveria um mundo com a informática, um mundo digital, onde os objetos são interligados e capazes de múltiplas funções, de intercomunicação e troca de informações, são inteligentes, capazes de analisar dados e se adaptar. Essa fronteira seria geracional (Prensky, 2001), e o desafio que aparece é para os “imigrantes digitais”, a geração que cresceu sem o contato com computadores, que teria que se adaptar a uma realidade informatizada, na qual as novas gerações, “nativos digitais”, já estariam adaptadas, tendo desenvolvido habilidades necessárias a partir da infância.

Essa não é uma afirmação ingênua, mas um olhar cuidadoso ressalta algumas limitações. O recorte geracional ignora a manutenção das desigualdades dentro das gerações e esquece que a educação tem um papel essencial e complementar à cultura na formação

cidadão, assim como também supõe uma homogeneidade social. Na verdade, o que surge como o **digital divide** (divisão digital<sup>3</sup>) é uma nova forma de desigualdade socioeconômica conformada pela fronteira entre aqueles que possuem acesso e conhecimento, que são capazes de usar as tecnologias com competência, e os que não tem, e acabam privados de toda uma dimensão de fazeres.

O **digital divide** projeta uma sociedade dividida entre digitalizados e não-digitalizados, na qual o espaço para os não-digitalizados vai sendo reduzido, pouco a pouco, pelo avanço da automação e da informática. Se o desenvolvimento tecnológico cria formas mais eficientes de se fazer algo, há uma corrida no campo físico e mental para o ser humano continuar a se atualizando, ou se tornará ineficiente. Surge a necessidade de se educar para formar novas competências, antes inexistentes, e, à medida em que sistemas de computador são usados em larga escala, eles se tornam necessários para a própria vida. Torna-se necessário se operar um computador para trabalhar, para se comunicar e acessar a mídia, talvez até mesmo para se viver em sociedade. É um problema complexo, que não ameaça apenas o acesso a empregos e ao trabalho qualificado, mas também o acesso a espaços que antes eram pensados como garantidos, chegando até mesmo a ameaçar a própria condição cidadã.

A cidadania na **sociedade da informação** também se dá sobre as práticas construídas e as ações realizadas em larga escala sobre as TICs, não só aos equipamentos que as compõem, mas a arquitetura dos sistemas que foram construídos a partir delas. Não só uma pessoa precisa do acesso e do conhecimento, mas precisa manter práticas, desenvolver uma série de noções específicas e atitudes sobre as máquinas, de modo a obter uma competência geral<sup>4</sup>. Aqueles que não possuem essa capacidade de operar e se expressar por meio das TICs podem acabar sem acesso a uma dimensão inteira da vida e, no momento em que esse letramento também depende do acesso material a essas tecnologias, o **digital divide** pode se tornar um mecanismo de manutenção, reprodução e agravação de desigualdades socioeconômicas herdadas do “mundo analógico”.

Torna-se, então, necessário que a educação promova o letramento digital, ainda mais com o objetivo de formar para a cidadania digital. O professor não só tem que educar o aluno para usar as tecnologias, mas formá-lo para uma realidade elas são a base de novas competências e novas questões éticas, muitas das quais nunca exerceu ou vivenciou. Esse não

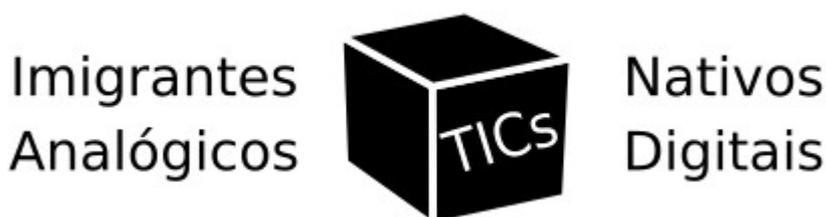
3 A tradução do termo como "divisão digital", ao invés da tradicional "fosso digital", foi escolhida para explicitar os seus diversos desdobramentos, tanto na exclusão digital, quanto em uma divisão epistêmica entre usuários e projetistas.

4 Que será chamada de letramento digital (Ribeiro, 2013).

é um problema apenas dos “imigrantes digitais”, pois esse mundo digitalizado não dá sinais de estabilizar, e talvez jamais o faça.

Por Prensky (2001), as TICs foram tratadas como uma fronteira (esquematizada na figura 1, abaixo): em um lado há um mundo sem elas, do outro, um mundo com elas. Formular esse problema como uma questão de imigrantes digitais é afirmar que essa é uma divisão temporal, que pode ser resolvida à medida em que as novas gerações vão crescendo, sendo formadas dentro da cultura da sociedade da informação. Para elas, as tecnologias não seriam um novo, e à medida em que vão se tornando adultos, a crise deixaria de existir e o mundo se estabilizaria. Essa é uma forma limitada para se pensar sobre o problema, tanto por excluir o papel da educação nessa estabilização, propondo que ela irá acontecer por forças culturais, quanto por propor que a tecnologia irá se estabilizar, que trata-se de uma simples entrada do novo. A fronteira, desenhada há décadas, deve ser repensada.

*Fig. 1: Seria possível imaginar as TICs como um conjunto de objetos na fronteira entre duas gerações, uma que a domina, outra que a não?*



*Fonte: Elaborado pelo autor*

Nesta tese, propõe-se reformular o problema do **digital divide**. Ele não deve ser visto como a chegada de uma nova era da humanidade, da informação digitalizada, pois trata-se de um problema anterior e que se estende sobre a fronteira. É o problema da tecnologia, vista tanto como uma invenção individual quanto como uma inovação social, que, ao ser criada, muda os seres humanos e suas sociedades. A **sociedade da informação** não deve ser vista como um estado a ser atingido, mas como um mundo de novas possibilidades imprevistas. Nessa proposta, não haverá uma estabilização da tecnologia, não haverá um fim da crise, não se imagina que haverá uma integração completa entre a cultura e as TICs, porque toda tecnologia carrega uma possibilidade não antevista de inovação. Assim, a questão, que era “O quê a educação deve começar a ensinar para se adaptar à sociedade da informação?”, torna-se “Como ensinar diante do mundo trazido pelas novas tecnologias da informação e comunicação?”

As TICs revelaram ter uma multiplicidade própria. Não temos um modelo único de

computador, um programa padrão, uma plataforma de trabalho, um dispositivo singular e permanente<sup>5</sup>, mas um verdadeiro campo tecnológico em constante transformação. Não se pode, então, imaginar um único objeto revolucionário, uma única técnica inovadora, mas uma série de possibilidades abertas. Elas se subdividem em diferentes campos de aplicação, desdobrando-se e infiltrando-se em quase todos os fazeres do dia a dia, como plataformas para novos tipos de ação, muitas vezes como intermediadores invisíveis. Também não podem ser descritas como uma função, como uma tarefa singular como preencher e processar planilhas de dados, ou trocar mensagens, pois são, na verdade, uma infraestrutura gigantesca. Geram-se uma série de novos fenômenos sociais e psicológicos imprevistos em suas propostas iniciais; na **sociedade da informação** a criação, o processamento e a administração de fluxos de informação não são apenas centrais nas vidas das pessoas, mas a base para uma série de processos e fazeres específicos dessa sociedade. Elas não são mais apenas ferramentas, mas uma infraestrutura que estende o campo de ação e da cognição humana. Dessa forma, é necessário superar a dualidade entre usar ou não usar TICs. O que Há, argumenta-se, são diferentes adaptações, e o **digital divide** e o letramento digital devem ser entendidos ao redor da autonomia no uso dessas tecnologias.

As inovações da **sociedade da informação** são expressas em uma série de mudanças sociais que trazem novos fenômenos políticos. A maioria dos exemplos ainda são recentes, ocorrendo a partir da década de 2010. A Primavera Árabe, o Occupy Wall Street e as Jornadas de Junho de 2013 foram chamados de Movimentos em Rede (Castells, 2006), movimentos sociais que se massificaram pelo uso extensivo da comunicação pela internet, coordenando, sem uma única liderança, grupos de diferentes setores com um mesmo fim. Segundo esse conceito, eles não poderiam existir sem a internet e as plataformas específicas que existiam no seu tempo. A cidadania digital, que existe na sociedade da informação, é articulada por meio das TICs, usam-na como uma infraestrutura sociocultural, tornando-a uma mediadora social.

5 O Memex (Lévy, 1997) seria um exemplo de uma estabilização tecnológica. Imaginado por Vannevar Bush, essa máquina seria uma espécie de biblioteca pessoal eletrônica na qual a pessoa poderia navegar por diferentes textos em sua casa. Essa máquina não é parecida com os computadores atuais, mas é uma figuração de uma possível forma final dos computadores, depois de séculos de desenvolvimento. É possível apontar a produção de materiais multimídias, assim como os **feeds**, como um aspecto não previsto pelo modelo de Vannevar.

Também pode ser dito que Lévy propõe uma estabilização do campo tecnológico da informática no hipertexto (forma textual onde links transversais permitem a criação de diferentes rotas de navegação internas e externas), quando ele afirma que seria essa uma nova tecnologia da inteligência, num desenvolvimento que vai da linguagem oral para a linguagem escrita para o hipertexto. O hipertexto faz parte das tecnologias das TICs no momento da escrita deste trabalho, mas há outros fatores que essas tecnologias nos trouxeram, outras linguagens (exploradas no capítulo 4), que não são redutíveis ao hipertexto.

O letramento digital, como conjunto de competências necessárias para se viver nesse mundo, deve ser acompanhado de um olhar para os novos mundos de possibilidades que as inovações tecnológicas trazem.

A tecnologia muda o mundo, a mudança gera uma crise, a crise exige que as pessoas se adaptem a nova realidade que se impõe. Nesta tese, propõe-se lançar um olhar mais próximo, ao invés de se pensar na tecnologia como um objeto que cria uma crise, propõe-se que os seus processos de invenção e uso estão nas relações dos seres humanos, e que mesmo enquanto são objetos estranhos, já estão sendo adotados, mediando e mudando as ações e as ideias das pessoas. É para as práticas, e não o lugar onde elas se realizam, que a educação deverá dirigir o seu olhar para poder educar diante de uma nova tecnologia.

Nessa tese, será argumentado que todas as tecnologias já inventadas iniciaram crises, trazendo as mesmas questões relativas à invenção e à inovação. Assim como a ideia do abismo geracional dos imigrantes digitais, a primeira impressão é que toda nova tecnologia divide a história em dois momentos, um anterior e um posterior. A roda, o cobre, o ferro, o motor a vapor, representam revoluções entre dois momentos, um que a humanidade os desconhece, seguido por um momento em que os domina. Marcando a fronteira entre os dois momentos, a tecnologia é um **objeto estranho**, uma esfinge misteriosa que ameaça as antigas gerações afirmando “decifra-me, ou devoro-te”. Quem não entendê-la e não dominá-la ficará para trás na marcha da história. Como afirma (Simondon, 1980) “uma vez que a realidade técnica se torna regulatória, ela pode ser integrada à cultura, que é, por si, regulatória”, a tecnologia se torna uma nova realidade para as pessoas “se tornando um fundamento [infraestrutura] para a cultura, para a qual traz um poder unificador e estabilizador, fazendo a cultura responder a [nova] realidade que ela [a tecnologia] expressa e governa” (ibidem). As TICs, porém, são um campo prolífico e acelerado, cujas máquinas não apenas se desenvolvem rapidamente, ano a ano, como também se diferenciam, se especializam, e geram uma cultura ao seu redor.

Possuindo um caráter particular, as tecnologias da informação operam programas, são configuráveis. Cada programa muda o que a máquina faz, e eles se tornaram as principais interfaces com as quais as pessoas interagem. Essa flexibilidade gera um fato importante, pessoas que crescem em contato com computadores, que estão inseridas na nova cultura digital, não necessariamente possuem as mesmas habilidade, não usam as mesmas plataformas, não mantêm as mesmas atitudes e não compartilham os mesmos conhecimentos.

Enquanto há a possibilidade de se propor um letramento digital (Ribeiro, 2013), as práticas diversas e flexíveis das TICs geram um caráter de mutação, sendo atadas em uma tríade de replicação – derivação – desenvolvimento que existem tanto para um projetista, quanto para um usuário. Portanto, é possível se aproveitar do campo inventivo trazido por elas nos processos de ensino. Não há só a demanda para que o professor se adapte, mas também se propicia um campo para suas invenções.

Dessa forma, o foco dessa tese é encontrar uma estrutura comum entre a invenção, a inovação e a aprendizagem, traçando formas gerais comuns para se pensar a educação e a tecnologia. Isso é essencial, pois a todo momento, novos dispositivos, novas interfaces, e novas plataformas surgem, criadas por uma indústria tecnológica que se vê num movimento de inovação permanente um poderoso modelo de negócio que conseguiu se estender por décadas. Se essa invenção possui uma limitação ou não, se a revolução da informática irá se expandir até um infinito, ou irá acabar amanhã, não se pode dizer, mas deve-se teorizar as formas como ela afeta a humanidade em sociedade, ou não haverá um aporte teórico que permita planejar o ensino diante de um mundo que muda constantemente, e a educação pode ficar à espera da chegada de um mundo estabilizado, fixo, sobre o qual poderá criar currículos e atividades estanques.

### 1.1 Definindo a Tecnologia

A adoção cada vez maior da informática e da internet gera uma crise de entendimento, o **digital divide**. Incapaz de projetar quais são seus impactos, a sociedade da informação, aquela que introjetou e utiliza as TICs em quase todos os seus aspectos, parece estar numa posição reativa, tendo que responder a novos fenômenos que ainda não compreende. Novas leis devem ser escritas, novas regulações, novos serviços, novos conhecimentos e novos perigos<sup>6</sup> vão surgindo, a frente do entendimento. Essa tese partirá do princípio que toda a tecnologia, ao ser adotada por uma sociedade, gera um movimento similar, torna-se uma infraestrutura para as ações humanas, e as TICs seguem um processo análogo a um já vivido muitas vezes.

Tecnologia (Veschi, 2020) é uma palavra cujas raízes são *Techne* (habilidade ou arte) e *Logia* (linguagem), se referindo ao conhecimento de uma técnica, ou o conhecimento do

6 Um exemplo é o *doxxing*, a divulgação de informações pessoais ou íntimas pela internet, com o objetivo de atacar uma pessoa, humilhando-a ou expondo-a ao perigo.

modo de se fazer algo. Mas não se usa essa palavra para nos referir a fazeres. Pelo contrário, tecnologia refere-se a objetos, criados pela humanidade, que são “úteis” e lhe trazem “benefícios”, que *propiciam os fazeres*, tais como o fogo, a roda, o carro, a lâmpada elétrica... Ela também se refere aos processos e instrumentos de fabricação desses próprios objetos.

Assim, a tecnologia tem um caráter duplo, é tanto de um *modo de fazer*, quanto é um *objeto*. Um exemplo do primeiro seria o saber de como fazer e manter uma chama, o fogo, uma tecnologia-chave para a sobrevivência dos primeiros seres humanos. Para os antepassados humanos caçadores-coletores, isso seria o saber relacionado à seleção de tipos de madeira, o método de cortá-las e as maneiras de friccioná-las, para os antepassados humanos mais recentes, a **pederneira**, a mecha e o óleo, para nós, um palito de fósforo e um pouco de álcool. A operação dessas matérias-primas é um *modo de fazer* que gera um objeto, como uma madeira em chamas ou uma fogueira, fonte de calor necessário para se aquecer, para cozinhar, para iluminar, para afastar predadores. Uma vez acesa, ele escapa de seu fazer, torna-se um novo objeto, que requer outros tipos de conhecimento para ser mantido. Agora, o antepassado precisa saber como manter sua fogueira, tocha, vela, lareira; como alimentar e proteger o fogo. Apesar dessa independência, há uma sequência necessária, porém intercambiável, de saberes e matérias-primas, de fazeres e objetos. Esse é o primeiro caráter da tecnologia, a *replicação*, tanto como fazer quanto como objeto, ela pode ser reproduzida pelas pessoas.

A tecnologia se encadeia e se recombina. O saber fazer fogo gera uma brasa ou uma pequena chama que, quando combinadas com uma fogueira, gera a possibilidade de um fogo de tamanho controlado e sustentável. Por “estar aí” a tecnologia forma uma base, uma infraestrutura, para outras ações e outros objetos. Se um ser humano moderno, proficiente no uso de fósforos, se encontrasse em um local isolado, longe do comércio e da indústria, o seu fazer estaria limitado pela quantidade de fósforos que carrega consigo. Da mesma forma, um antepassado longínquo que se visse, de repente, em uma cidade do mundo contemporâneo, provavelmente teria dificuldades em encontrar as matérias-primas necessárias para fazer sua fogueira.

Simondon (1980) afirmou que “A realidade humana reside nas máquinas como ações humanas fixadas e cristalizadas no funcionamento de suas estruturas”. A tecnologia produz fazeres e objetos que, por sua vez, tem uma existência própria, afastada do processo e da pessoa que o criou. A tecnologia-objeto também se separa os saberes que foram necessários

para criá-lo, daqueles que são necessários para ser operado. Essa característica é a *derivação*.

A palavra tecnologia também está carregada de um sentido de avanço e de desenvolvimento; quase nunca é usada para se referir a um alicate, por exemplo, mas é se encaixa muito bem para indicar celulares, componentes de computador, foguetes espaciais. Ela é transformada em um adjetivo, tecnológico, de um significado não muito rigoroso, usado para indicar um objeto novo e avançado, inovador e complexo, retomando a impressão de que a tecnologia divide um momento em que ela está presente e um momento em que está ausente. Tecnologia, então, também está relacionada a uma complexidade que os objetos tecnológicos possuem, que se torna maior com o passar do tempo a partir da produção das culturas humanas. Pode-se dizer que um alfinete é uma tecnologia, mas ele é bem “menos tecnológico” que um telefone celular. Complexidade também não deve ser contraposta à confiabilidade da tecnologia, sistemas complexos podem ser ainda mais confiáveis.

Se tecnologia é um termo usado para se referir a objetos, essa é uma classe bem definida que possui, primeiramente, um caráter utilitário. Se a máquina é um sistema que permite que os seres humanos façam algo ou alcancem um determinado objetivo, ela está carregada de premissa positivista, que propõe que com o acúmulo de conhecimentos (e outras tecnologias) há um avanço. Por isso, pode-se dizer que a tecnologia tem um progresso, ou seja, ela possui maneiras de ser feita de modo a cumprir seus objetivos de uma forma mais adequada e eficiente. Essa característica será chamada de *desenvolvimento*.

A engenharia, a disciplina da construção de máquinas, se encontra em uma estranha posição epistemológica. De um lado, ela não é arte, pois é submetida à um entendimento e uma medida, mesmo que qualitativa, de utilidade, ou seja, o que ela desenvolve tem sempre um fim específico<sup>7</sup>. Por outro lado, ela não é ciência, pois não é apenas o estudo metódico dos fenômenos, mas é a aplicação de conhecimentos para um fim. A engenharia também cobre o estudo científico das próprias máquinas que desenvolve, criando métricas para analisá-las, buscando novos meios para fazê-las funcionar e novas técnicas para sua construção, gerando sistemas mais eficientes, mais seguros, mais potentes. Como não é possível dizer que há uma metodologia científica para o projeto e a invenção<sup>8</sup>, a engenharia é, então, um campo de disciplinas e práticas para o desenvolvimento de tecnologias, apoiada no conhecimento científico.

Voltando novamente os olhos para o objeto tecnológico, há mais um caráter da

7 Muitas vezes a tecnologia pode escapar de seus fins, um fenômeno que será discutido nesta tese.

8 Afinal, a ciência estuda o que existe, o que não existe é inventado.

tecnologia que é necessário discutir. No primeiro livro de ficção científica moderna, “Frankenstein, ou o Prometeu Moderno”, escrito por Mary Shelley (1818), um homem, Victor Frankenstein, decide criar uma vida artificial misturando a nova ciência da química com os segredos da antiga alquimia. Há uma cena chave logo em seus primeiros capítulos, quando consegue dominar o processos vitais, sua criação abre os olhos, Victor reage e é tomado por medo e horror, e foge, abandonando seu experimento e iniciando a trama do romance. Apesar de ter criado a criatura para ser bela, ela era dotada de um aspecto *antinatural*, que revelava o ato de seu criador como um crime contra a ordem das coisas.

"Como eu poderia descrever minhas emoções diante da catástrofe, ou como delinear o horror que me tomou tantas dores e tantos cuidados para que eu o criasse? Seus membros eram proporcionais, eu havia talhado belas feições. Belas! Por Deus! Sua pele amarela mal cobria os músculos e as artérias, seu cabelo era de um preto lustroso, seus dentes eram brancos como uma pérola, mas essas formas luxuriosas só criavam um contraste horrível com os seus olhos lacrimejantes, que pareciam ter a mesma cor que as órbitas onde se encaixavam, sua compleição enrugada e seus lábios escuros.

Os incidentes da vida não são tão mutáveis como os sentimentos da natureza humana. Eu havia trabalhado duro por quase dois anos com o único objetivo de dar vida a um corpo inanimado. Para esse fim, eu me privei de descanso e ruí minha saúde. Meu desejo queimou com tanto ardor que excedi qualquer moderação, mas agora que eu terminei a tarefa, a beleza de meu sonho sumiu, e o nojo e o horror encheram meu coração. Incapaz de tolerar a criatura que eu criara, fugi correndo do laboratório, e passei horas acordado em meu quarto, incapaz de acalmar a minha mente e dormir." (Shelley, 1831, trad. própria, pg. 43)

A figuração do monstro de Frankenstein, à primeira vista, pode ser entendida como uma alegoria para o orgulho, a *hubris*, que leva a pessoa a se considerar acima daquelas ao seu redor, colocando seus interesses acima dos outros. Ela, então, significa um ato perigoso, uma criação incompatível com a ordem, e a história se desenrola pela fuga de seu criador, levando a criatura a uma cruzada por vingança.

Frankenstein foi escrito na Inglaterra durante as últimas décadas da primeira Revolução Industrial, o primeiro período histórico em que a engenharia foi usada em larga escala, por todo um estado, para revolucionar os meios de produção e alterar a economia. Partindo da premissa que o imaginário é articulado a partir de uma realidade social do autor, não é de se surpreender que é este momento histórico que engendra a figura do monstro (chamado de Adão). Ele é um reflexo das máquinas a vapor davam vida a teares mecânicos, dos processos químicos produziam substâncias exóticas em larga escala, como ácidos. Shelley escrevia ainda antes da revolução industrial chegar aos transportes, antes mesmo da maioria

dos produtos consumidos pela população serem industrializados. Talvez, por isso, Victor seja uma figura isolada, quase um eremita, envolto em conhecimentos ocultos, cuja criação tem o potencial de mudar o mundo, mesmo que isso não ocorra na história.

Há um segundo argumento bastante poderoso nessa ficção que se mantém até hoje. Victor via em Adão um monstro, sabia que sua criação era algo não-natural e inumano. Aqui a engenharia não é apenas um ato de orgulho, mas é uma fronteira muito clara entre aquilo que é da natureza e aquilo que é artificial, criado pelo homem. Nessa leitura, Shelley, através de seu monstro, se referia a máquinas bastante singulares de seu tempo. Os motores a vapor que alimentavam enormes linha de produção, operadas por centenas de funcionários, ocupavam prédios que constantemente engoliam carvão e regurgitavam fuligem e fumaça. Esse corpo estranho fundamenta o imaginário sobre a tecnologia, coloca-o como algo que destoa do seu meio. O tecnológico é algo que pode ser reconhecido pelas pessoas como complexo, como diferente e como artificial.

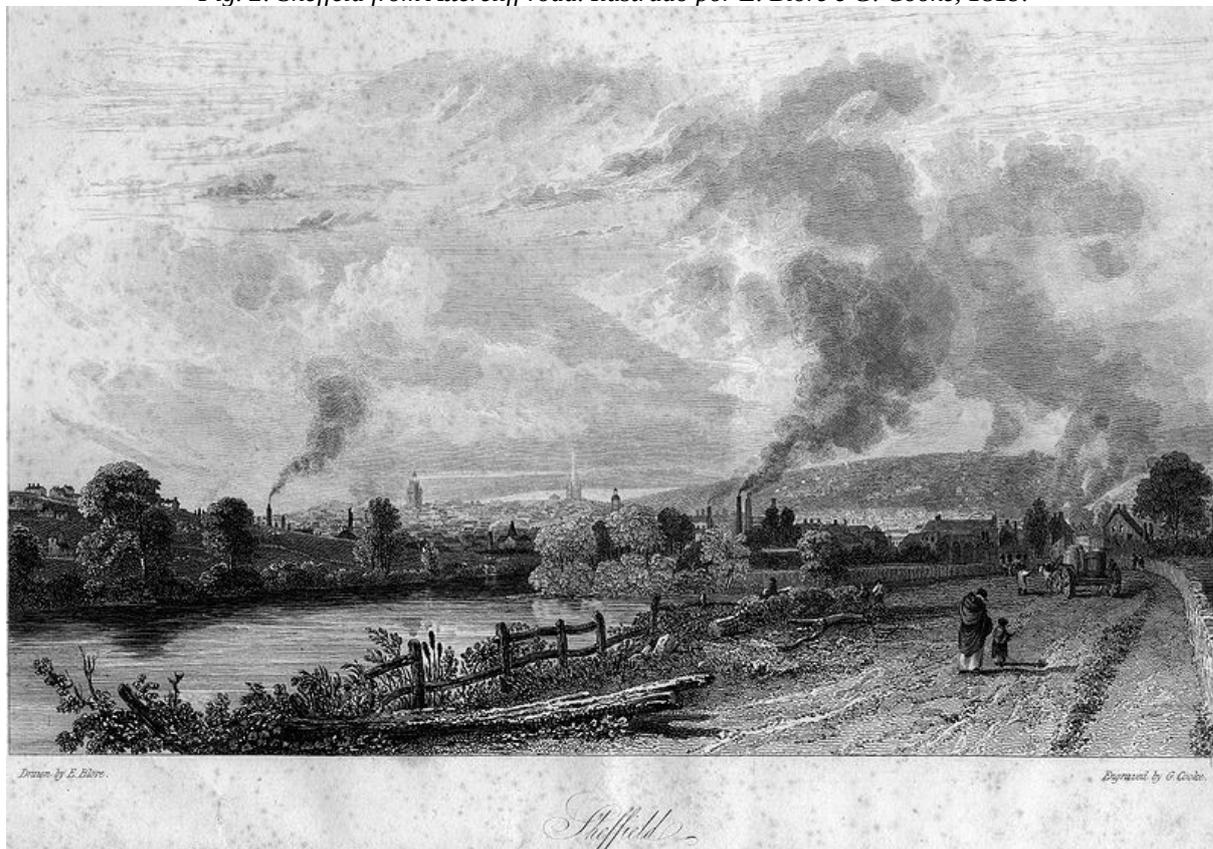
Realmente, o uso da tecnologia, a sua simples existência, causa uma série de impactos no ambiente ao seu redor. As máquinas a vapor da primeira revolução industrial causaram uma mudança fundamental na paisagem da Inglaterra. Um caso clássico que ilustra essa mudança é o da mariposa *Biston Betularia*, uma espécie tendia a ser malhada, com o corpo majoritariamente de cor branca. Sua variedade totalmente preta era rara, mas se tornou a mais comum ao final do século XIX, depois da revolução. Ocorre que a poluição alterou a cor das árvores, deixando-as mais escuras, e as mariposas rapidamente se adaptaram ao novo ambiente, fenômeno chamado de melanismo industrial (Bishop, 1972).

Essas mudanças ambientais que a revolução industrial causava no mundo talvez fossem a principal marca de Adão, que corporifica as transformações do tempo em uma criatura, cujo aspecto mostra um mundo diferente e artificial, potente e assustador. As fronteiras que marcam a tecnologia são visíveis e reconhecidas e são uma constante na ficção científica moderna. Armas de raios, robôs metálicos, equipamentos médicos e científicos costumam ser claros para o expectador, mesmo que sejam objetos fictícios, está claro que são “tecnológicos” e avançados.

A figura 2, abaixo, mostra a estrada de Attercliffe em Sheffield, Inglaterra no século XIX, desenhada por E. Blore. Sheffield se tornou uma conhecida zona metalúrgica. Apesar de haver indicações do que está acontecendo nos prédios industriais, é possível reconhecê-los pelas enormes chaminés que transformam a paisagem idílica e lançam uma fumaça que

contrasta com as nuvens no céu.

Fig. 2: Sheffield from Attercliff road. Ilustrado por E. Blore e G. Cooke, 1819.



Fonte: Wikimedia<sup>9</sup>

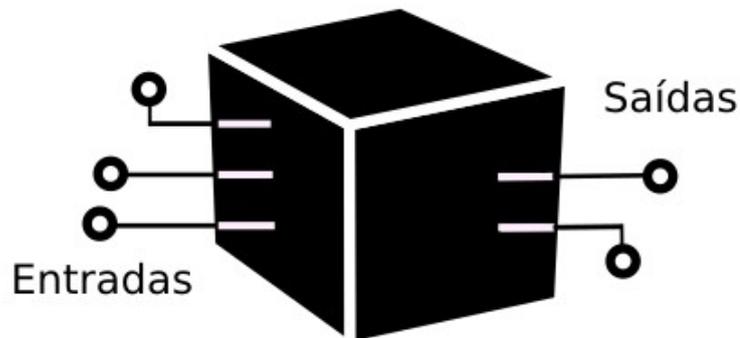
Essa ideia passará a ser referida como a *tecnologia como um objeto estranho*, ela é um modo pelo qual se entende um objeto tecnológico criado pelo homem. Assim, a tecnologia é um referente que reconhece nas feições do monstro, na chaminé, no braço mecânico, se referindo a uma engenhoca, um dispositivo, um sistema, um conjunto de mecanismos articulados, essencialmente a um funcionamento. Posso usar a palavra tecnologia para me referir a um objeto cuja estrutura interna é desconhecida, mas, estranhamente, sua aparência externa, sua materialidade e suas funções, se tornam uma certeza, uma constância, um referente.

A *tecnologia como objeto estranho* é, então, uma fronteira que marca o saber e o não saber. Se a tecnologia possui marcas, funções, efeitos e até seu funcionamento, é possível observá-la e pensar sobre ela desconhecendo o seu todo. Retomando o *digital divide*, O imigrante digital é alguém para quem as TICs são estranhas, o nativo digital já está acostumado com elas.

9 Disponível em <[https://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria\\_de\\_Sheffield#/media/Ficheiro:Sheffield\\_from\\_the\\_Attercliffe\\_Road\\_1819.jpg](https://pt.wikipedia.org/wiki/Hist%C3%B3ria_de_Sheffield#/media/Ficheiro:Sheffield_from_the_Attercliffe_Road_1819.jpg)>

Na engenharia há um conceito análogo, a **caixa-preta**, que serve para guiar técnicas de projetos e de análise<sup>10</sup>. Ela é um sistema que será integrado no projeto pelo engenheiro/projetista, mas o conceito a trata como algo genérico, podendo se referir a um motor, uma transmissão mecânica, um módulo de rádio, um processador, qualquer tipo de objeto tecnológico. Sabe-se apenas que o seu funcionamento exato é desconhecido, protegido, ou simplesmente irrelevante para o projeto como um todo, mas que pode ser acessado por entradas, gerando saídas específicas (na figura 3), sendo possível controlá-la.

*Fig. 3: A caixa-preta reduz o sistema a um conjunto de entradas e saídas.*



*Fonte: Elaborado pelo autor.*

Um motor de automóvel é uma **caixa-preta**, de acordo com a injeção de combustível ele vai produzir um determinado torque no seu eixo, que se traduz em uma maior ou menor velocidade do veículo. Um modulador de rádio FM também é uma **caixa-preta**, que recebe um sinal de áudio modulado por amplitude na entrada e a saída é um sinal de rádio modulado em frequência. Dessa forma, um motorista não precisa compreender como o motor de seu carro converte a energia do combustível em energia cinética para poder dirigir carro, e um radialista não precisa entender o funcionamento do modulador de rádio FM para poder operá-lo. Basta compreender a relação entre entradas e saídas.

É necessário esclarecer que uma **caixa-preta** não é necessariamente um sistema de correlações diretas, suas saídas nem sempre são dependentes apenas de suas entradas. O motorista precisa desenvolver um conhecimento de como operar o carro para não afogá-lo numa subida, para otimizar o consumo de gasolina, ou para saber se o carro vai conseguir acelerar o suficiente para uma ultrapassagem. Enxergar um sistema como uma caixa-preta, é, antes de tudo, uma metodologia para estudá-lo, buscando compreender como a operação das diferentes entradas resulta em diferentes estados de saída. Isso é, a metodologia faz uma redução dos sistemas da tecnologia para uma classe específica, a de sistemas fechados que

<sup>10</sup> Um exemplo da aplicação desse conceito pode ser visto em Pressman (2011).

possuem entradas e saídas, gerando algumas idiossincrasias.

Primeiro, um engenheiro ou mesmo um usuário que desconheça o tipo de entrada e o tipo de saída do sistema pouco pode fazer com ele. Sistemas possuem especificações, seus próprios mundos de operação. Assim, a entrada do motor é a posição do pedal, não é possível comandá-lo usando a voz, ou um fecho de luz de uma lanterna. É possível imaginar um motor controlado não pela pressão exercida no seu acelerador, mas no ritmo de uma pisada no pedal, esse controle por frequência seria bastante exótico para qualquer motorista experiente.

As especificações de um sistema não incluem apenas o “tipo” de entrada, mas também um espaço de trabalho, a amplitude de operação, afinal, pode-se quebrar o pedal do acelerador se apertá-lo com muita força. De um modo mais direto, olhando para o modulador de rádio, os sinais de entrada que ele suporta apresentam características específicas (tensão, corrente...) que devem ser respeitadas para que a saída esteja correta. Um sinal que tenha uma tensão ou corrente muito grande pode queimar o dispositivo. Da mesma forma, a saída do sistema também possui suas limitações de tipo e amplitude, dificilmente um motor de carro operará em dezenas de milhares de RPM, um walkie-talkie não tem a capacidade de gerar um sinal com a mesma potência de uma transmissora de rádio FM.

Em segundo lugar, o sistema pode apresentar diferentes estados internos, comportamentos não-lineares, ou mesmo aleatórios e inesperados. Pode-se imaginar um motor cuja regulação de injeção de combustível está comprometida, e precisa ser acelerado ao ser ligado, ou se afoga. Talvez programas de computador ilustram essa questão de uma forma ainda mais pungente. O sistema de copiar e colar (ctrl+c e ctrl+v) presente na maioria dos sistemas operacionais funciona guardando um texto selecionado em um *buffer* para que seja reaproveitado, diversas vezes, em diferentes programas. Cada texto salvo representa um estado interno, que pode estar escondido do usuário.

Uma terceira limitação tem a ver com os limites ambientais do sistema. Apesar do modelo tratar apenas com entradas e saída, a caixa-preta geralmente toma por garantido outros limites que o sistema possui. A **caixa-preta** só funcionará se estiver em uma faixa de temperatura, se estiver protegida de certos elementos químicos, livre de interferências de radiações, se estiver com sua estrutura intacta, etc. É possível pensar em toda uma gama de situações exótica nas quais um determinado sistema deixará de funcionar para além de suas entradas e saídas.

Uma quarta limitação tem a ver com características internas da caixa preta. Quando

um motorista aperta o pedal do acelerador, por exemplo, o motor não muda imediatamente sua rotação, mas acelera até alcançá-la. O que acontece é que se injeta mais combustível no motor, aumentando a sua potência que acelera a rotação dos componentes do motor lentamente. Em outras palavras, o sistema possui limites internos, que criam um tempo de resposta para que a saída estabilize-se de acordo com a entrada. Isso se ela se estabilizar, pois podem haver entradas que façam o sistema entrar em colapso, ou mudá-lo completamente. As funções que relacionam as entradas e as saídas da caixa-preta podem ser complexas, não-lineares, exigindo métodos de teste exaustivos, algumas vezes mantendo **bugs** (ver seção 4.3).

A **caixa-preta** é uma metodologia para se estudar um sistema, de aprender o seu comportamento sem “abri-lo”, sem um olhar detalhado que nos informe sobre seus componentes e subsistemas. Importante caracterizar que os sistemas aos quais referidos possuem algo como o *fechamento operacional* de Maturana e Varela (2003), ou seja, cuja “identidade está especificada por uma rede de processos dinâmicos cujos efeitos não saem dessa rede”. Essa rede atua como uma unidade, até um certo ponto com uma fronteira com o seu meio, é o que se chama de sistema. A **caixa-preta** existe como um objeto que contém uma série de processos e que contém uma interface (suas entradas e saídas) que a comunicam com o mundo exterior

Um exercício comum que emprega a **caixa-preta** na engenharia é a descrição de circuitos eletrônicos equivalentes. Sabendo como um determinado circuito se comporta, pode-se projetar, sem necessariamente saber como ele foi implementado, um circuito equivalente usando componentes conhecidos. A **caixa-preta**, então, revela uma nova característica da tecnologia. O seu fechamento indica a possibilidade de ser conectadas por necessidades por novas funções. Uma caixa preta pode ser substituída por outra, desde que haja uma correlação em suas funções, especialmente no formato de suas entradas e saídas. Claro, a equivalência funcional também não engendra uma suficiência, a nova caixa-preta substituta pode, sim, adicionar novas entradas, novas saídas, novas funções, ser mais rápida, mais eficiente, e pode, também, ter processos ocultos, desconhecidos pelos seus usuários.

Neste trabalho, argumenta-se que a **caixa-preta** é análoga à forma como muitas pessoas aprendem a usar a tecnologia, ela é um **objeto estranho**, criado por outros, produzido e socializado de uma forma independente dos conhecimentos que foram necessários para gerá-lo. Este modelo também deve ser criticado, primeiro o seu caráter opaco, já que um conhecimento do funcionamento do sistema pode ser importante para que o usuário possa

inferir sobre o seu comportamento, assim como para que uma pessoa proponha melhorias e desenvolva outros sistemas.

Também é necessário questionar o seu caráter de fechamento, deve-se questionar até que ponto uma tecnologia pode ser vista, entendida e operada como um objeto fechado, até que ponto ele é reconhecido como uma coisa em si e, nesse sentido, até que ponto ele pode ser estudado pelo seu usuário, e até que ponto seus elementos internos podem ser rearranjados pelos seus usuários. Com estas duas constatações, propõe-se uma linha argumentativa que nos leve a entender melhor a relação entre seres humanos e as máquinas, caminhando na direção de diminuir a fronteira entre os dois.

## 1.2 A Organização deste Trabalho

A Sociedade da Informação gera duas pressões sobre as instituições da educação. Primeiro, torna-se necessário educar os alunos no uso das tecnologias que existem. Segundo, é necessário educá-los, também, sobre as novas práticas, novos fazeres e novos entendimentos trazidos por elas. Essas pressões são causadas pela adoção de uma infraestrutura tecnológica, uma rede de máquinas como telefones, roteadores, emissoras de rádio, computadores, *smartphones*, que torna possível um sistema de comunicação global, desdobrando um **ciberespaço**. Este, por sua vez também é uma infraestrutura na qual uma série de tecnologias, em um movimento constante de replicação, divergência e desenvolvimento, trazem novas possibilidades, mas que também aparece de diversas formas para os seus usuários.

Ao olhar para o **digital divide** não como uma divisão geracional, mas como uma divisão de competências nestes múltiplos sistemas, pretende-se desafiar o entendimento de que a tecnologia é um objeto único e fechado, com o qual se aprende para interagir. Propõe-se que há modos de uso que podem colocar os que seriam chamados de imigrantes lado a lado aos nativos digitais, e que aprender a usar uma tecnologia é inventar um meio de usá-la. Assim, para que uma teoria possa lidar com a constante inovação tecnológica e com as diferenças como ela se expressa socialmente, ela deve se debruçar às formas como os alunos e professores a utilizam no seu dia a dia.

Será necessário abordar a invenção, como sendo a capacidade humana (e biológica) de transformar as aprendizagens em uma coisa nova, com outras capacidades que vão além do que foi visto. Também será necessário abordar a inovação, a capacidade de uma novidade

reorganizar um sistema de diferentes agentes, mudando-o, tornando-o mais eficientes, etc. A partir desses dois modelos de criação e incorporação, pode-se lançar um novo olhar para o papel da tecnologia no ensino. Dessa forma, a invenção e a inovação, se vistas como fatores da aprendizagem, poderão ser repensado como fenômenos já dentro do ensino, e os quais não devem ser submetidos a categorias prévias e já construídas, mas que podem justamente ser a base para a construção de competências para a sociedade da informação. Isso foi feito por meio de uma amarração teórica usando a epistemologia genética de Jean Piaget (1976) e a teoria de coletivos humanos e não-humanos de Bruno Latour (2017).

Essa tese também busca trazer à tona um novo problema que as tecnologias trazem para o ensino: elas se introjetam e incorporam. Se aprender a usar um objeto é uma invenção de como operá-lo, esse uso nem sempre se dará a partir de uma inteligência formalizada e de uma ampla compreensão. Muito pelo contrário, o saber-fazer mecânico, automático, é um dos modos de uso da tecnologia que ameaça a autonomia de seus próprios usuários.

Como um ensaio de uma proposta metodológica a partir destas análises, foram organizadas entrevistas estruturadas com professores para avaliar suas apropriações das tecnologias que usam, buscando encontrar como eles as conceituam. Essas entrevistas não formam um estudo definitivo, mas montam um *roadmap* de investigações futuras abertas pelas formulações dessa tese.

Por fim, ainda será necessário fazer uma última análise. A sociedade da informação muda rapidamente, investindo massivamente na pesquisa e no desenvolvimento de novas tecnologias. Há fenômenos, pesquisas e tendências que entram em conflito direto com esses modelos, e será necessário discutir o papel da internet, da inteligência artificial (IA), do ensino realizado dentro da informática, entre tantas outras. Portanto, este trabalho está dividido em 7 capítulos:

- O primeiro capítulo, este, discute o problema apresentado, a crise da sociedade da informação e seus principais conceitos.
- O segundo capítulo detalha a sociedade da informação, apresentando as definições dos computadores e o seu histórico de desenvolvimento, e os fenômenos emergentes que surgem a partir deles.
- O terceiro capítulo se debruça sobre o problema da invenção, usando a teoria do conhecimento de Jean Piaget para propor como a invenção tecnológica ocorre, e como ela é uma continuidade da evolução biológica.

- O quarto capítulo utiliza as observações de Bruno Latour para modelar como uma invenção se transforma e se difunde por uma sociedade, ou um coletivo. Aqui, se propõe uma forma de entender como a tecnologia se torna uma inovação, se difundindo pela sociedade e mudando os hábitos, e como ela aparece para o usuário. De especial interesse é como essa reorganização do meio pode dialogar com a reorganização cognitiva que é a aprendizagem.
- O quinto capítulo apresenta como as questões apresentadas nos capítulos anteriores estão relacionadas à educação, e qual a disputa que a sociedade da informação traz para o professor. Em especial, é usada a pedagogia da Autonomia de Paulo Freire em contraposição com o chamado conhecimento institucional explícito de Nonaka, aqui visto como uma forma de se modelar a automação.
- No sexto capítulo, são feitas um conjunto de entrevistas como um ensaio das lições tomadas nos capítulos anteriores feitas as conclusões do trabalho, buscando iniciar um diálogo com os professores.
- No sétimo capítulo estão as conclusões da tese, assim como uma discussão sobre questões levantadas por ela, mas não respondidas, como a inteligência artificial, as falhas das máquinas e a discussão sobre a ética na tecnologia.

### **1.3 Notas sobre o contexto**

Esta tese está sendo escrita sob um contexto muito específico, da pandemia de COVID-19 que se iniciou em Março de 2020 no Brasil, se estendendo durante o ano.

Idealmente, um trabalho acadêmico deve prezar a objetividade, o que não quer dizer que seja neutro ou à parte de questões políticas e morais. É importante ressaltar o impacto da pandemia na pesquisa, na escrita e no próprio objeto de estudo dessa tese. A pandemia está sendo um processo tempestuoso e controverso, o negacionismo foi aliado a um comportamento errático de muitas autoridades. Na falta de vacinas e de tratamentos com suporte científico rigoroso, a medida mais eficaz para reduzir o espalhamento da doença e evitar o colapso dos sistemas de saúde foram as chamadas medidas de isolamento social, que incluem adoção de hábitos como distanciamento físico, higienização das mãos e do rosto, uso de Equipamentos de Proteção Individual (EPIs) ou mesmo máscaras caseiras, fechamento do comércio, de bares, restaurantes e casas noturnas, restrição de acesso a locais públicos,

cancelamento de eventos públicos, entre tantas outras. Foi necessário reorganizar esta tese e sua pesquisa para se adaptar às medidas, em especial a necessidade de distanciamento social.

Em muitos aspectos, a pandemia acelerou uma série de fenômenos políticos, inclusive a adoção das TICs. O uso de testes em larga escala, juntamente com o monitoramento por meio de celulares, provou-se uma forma eficiente de encontrar e conter os focos da infecção. A tecnologia surgiu como uma grande promessa para se “resolver” o problema da pandemia, oferecendo meios de se medir uma eficiência do isolamento social (Grantz, et. al, 2020) e até de acompanhar o contato individual das pessoas (OMS, 2020), numa tentativa de se acompanhar a propagação da pandemia com grandes detalhes, uma tática *test and trace* (Braithwaite, et. al 2020).

Se a pandemia foi um momento de interrupção da “normalidade”, ela se constitui em uma grande experimentação. Enquanto várias instituições, várias práticas, várias ideias e hábitos foram mantidos, certas plataformas e equipamentos se tornavam vitais, tomando um lugar central na organização social. Sistemas de ensino EaD e de webconferência foram rapidamente adotados em estratégias de *home office* para o trabalho e o ensino, ponto focal dessa tese. O ensino remoto emergencial (ERE) (Behar, 2020) criou uma rápida digitalização da escola, pulando etapas cruciais de planejamento e formação de competências para o ensino à distância, mas criando um ambiente onde parte de suas funções poderia ser realizada por meio da internet, tudo isso à sombra de uma discussão maior sobre privacidade e inclusão digital, sentida por muitos alunos e professores que, de repente, viram sua convivência impossibilitada. Essa “solução imediata” para problemas complexos por meio de soluções materiais e tecnológicas, compradas pelos estados, que contornam um esforço e de uma tomada de consciência social, são chamadas por Morozov (2020b) de *solucionismo*. Esse termo é valioso para entender várias propostas e políticas promovidas durante a pandemia incluindo, no momento de escrita dessa tese, a corrida pela compra de vacinas entre as nações, enquanto vários países não conseguem manter um nível alto e constante de isolamento social e mesmo soluções tecnológicas, como *apps* de rastreamento, não se provaram uma panaceia, até porque não foram universalmente aceitos e utilizados (Contact-Tracing, 2020).

A pesquisa desta tese teve que ser alterada. Se, inicialmente, ela se focaria no uso inventivo da tecnologia por professores, pedagogos e estudantes de graduação de licenciaturas, suas ações, focadas em oficinas, se tornaram inviáveis. O contato pessoal, uma parte essencial para os processos de ensino e aprendizagem, e a manipulação da máquina, seja

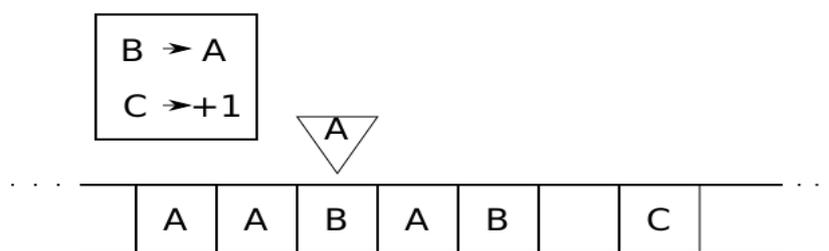
por meio do software ou hardware, não pode ser mantido. O foco foi alterado para a interação pessoal entre os indivíduos e a máquina, e uma metodologia empírica nova teve que ser montada.

Por esse motivo, a pesquisa dessa tese envolveu entrevistas que puderam ser realizadas à distância e que puderam servir como um ensaio para análises a partir das questões trazida na fundamentação teórica, que conhecimentos operacionais sobre a tecnologia já são suficientes para sua adoção acrítica e são uma forma poderosa de conformação política. Esse estudo lança um olhar para as experiências de professores com a tecnologia, num momento de adoção inicial, tentando entender as suas apropriações à luz da formulação teórica proposta.

## 2. Computadores e Redes

Pode-se dizer que a ciência da computação começa com o trabalho *On Computable Numbers* (Turing, 1936), que descreve o primeiro modelo teórico dos computadores (chamado de a máquina universal, descrita na figura 4, abaixo). Vindo de uma longa discussão sobre os limites da matemática como uma linguagem lógica e formal para descrever a realidade, Turing apresenta seu modelo como uma solução para o *eintscheidungsproblem*<sup>11</sup> de David Hilbert. O modelo respondia que não haveria uma maneira genérica de se definir se um dado enunciado era verdadeiro segundo a lógica, mas também criou uma classe para unir todas as máquinas e as técnicas que podiam ser consideradas computadores primitivos, projetando limites teóricos para processamento de informações, definindo o que qualquer computador é capaz de fazer.

Fig. 4: Uma máquina de Turing com duas operações: Trocar B por A, pulando o símbolo depois de C



*Fonte: Produzido pelo autor.*

Há uma alta dose de arbitrariedade nessa escolha. O desenvolvimento dos computadores, ou de sistemas físicos de processamento da informação, pode ser traçado desde os primórdios da história da humanidade. Sistemas de contagem e tabulações, ábacos, calculadoras mecânicas, métodos numéricos para cálculo, assim como máquinas que poderiam funcionar como verdadeiros computadores (como a máquina de Babbage), já existiam muito antes de Turing. Nem o próprio termo computador foi criado no artigo, tão pouco a ideia de uma máquina física de computação. O que Turing fez foi dar um corpo a uma série de discussões acadêmicas sobre provas numéricas e algoritmos, atando diversas investigações a um único modelo.

Na época, o termo computador era usado para se referir às pessoas que realizavam

11 O "problema da decisão" que procurava se haveriam métodos algorítmicos para determinar de antemão se uma proposição lógica seria verdadeira, ou falsa.

cálculos matemáticos, especificamente resolvendo equações, tabulando números, aplicando métodos numéricos, além de fazer verificações sobre os resultados. Talvez um dos exemplos mais famosos é o grupo das “computadores de Harvard” (Howell, 2016), um grupo de mulheres que foram empregadas na universidade de Harvard para fazer cálculos astronômicos, cujo trabalho foi fundamental para a criação dos primeiros catálogos estelares. O computador é, então, uma máquina que é capaz de automatizar esse trabalho humano de processamento de informações, ou seja, “pode-se dizer que as máquinas [descritas por Turing] são meras formalizações do comportamento humano, ou até um comportamento humano idealizado” (Cardoso, 2016).

Para Turing (1936), “números computáveis são aqueles que podem ser descritos como números reais cuja expressão decimal é calculável por meio de métodos finitos”. Dessa forma, “é possível inventar uma única máquina que possa ser usada para computar qualquer sequência computável”. Essa máquina opera sobre uma fita, dividida em espaços discretos, onde símbolos podem inscristos. Assim, a máquina lê os símbolos, escreve novos símbolos, enquanto percorre a fita de acordo com uma configuração própria, transitando entre estados internos. A máquina é chamada universal quando pode ser configurada de diversas formas diferentes por meio de uma tabela de configuração que, a partir do estado e do símbolo lido a fita, traduz um comando que pode ser para a máquina avançar ou recuar um número de posições na fita, apagar o símbolo ou escrever um novo símbolo. Um procedimento é computacional quando pode ser descrito dessa forma, e uma outra máquina qualquer é um computador quando pode ser descrita como uma configuração para a máquina universal (diz-se que ela é Turing-equivalente).

Essa máquina é, então, capaz de realizar um trabalho informacional, ou seja, reconhecer padrões inscristos na fita e substituí-los por outros, criados a partir do próprio padrão original, de maneira autônoma, a partir de instruções previamente definidas, criando uma categoria de trabalhos matemáticos específicos que podem ser resolvidos dessa maneira. Apesar de ter precedido Turing por mais de um século, o primeiro programa de computador pode ser atribuído a Ada Lovelace nos seus extensos apêndices do artigo “Rascunho da Máquina Analítica” (Menabrea, 1842). Lovelace desenvolveu procedimentos para usar a Máquina Analítica de Babbage, um computador mecânico proposto, mas nunca construído, no século XIX por Charles Babbage, para resolver problemas matemáticos, sem sequer suspeitar que a máquina seria Turing-equivalente, ou seja, que ela poderia resolver qualquer problema

matemático da classe computacional. No seu trabalho pioneiro, ela também fazia duas observações bastante importantes sobre as potencialidades da máquina.

“Há um belo padrão para teares que tece um retrato de Jacquard, mas cuja fabricação exigiria 24,000 cartões. O poder de se repetir os cartões, [...] reduz enormemente o número [de cartões] necessários. E é óbvio que essa melhoria mecânica é especialmente aplicável sempre que houverem ciclos nas operações matemáticas [executadas pela máquina].” (Menabrea, 1842, trad. própria, n.p.)

Lovelace reconhecia uma função essencial na informática, a recursão. Uma **recursão** é uma função que referencia a si mesma, formando a possibilidade da repetição de instruções para se cumprir uma determinada tarefa, um *loop com diferentes resultados*, que pode ser implementado numa máquina universal. Uma recursão permite que um programa seja escrito de uma forma menor, tornando-se um atalho para o programador. Esse conceito também aparecerá novamente como uma característica de certas estruturas.

“A Máquina Analítica não tem pretensões de originar nada. Ela pode fazer o que quer que nós saibamos como fazê-la fazer. Ela pode desenvolver uma análise, mas não possui poder de antecipar qualquer relação analítica ou verdade. Sua capacidade é nos auxiliar a tornar disponível aquilo que nós já sabemos que existe.” (Menabrea, 1842, trad. própria, n.p.)

A segunda observação de Lovelace é que a máquina não é capaz de criar. A princípio, um programa em uma máquina é um **algoritmo**, uma série ordenada de instruções que a máquina pode executar para alcançar um determinado fim. A autora até defende que as máquinas possuem uma capacidade muito limitada de nos surpreender. Suas duas observações contradizem, até certo ponto, sua impressão sobre a capacidade da computação. Em primeiro lugar, o código comprime o trabalho, por ser reutilizável e por se beneficiar de possíveis recursões. Um programa pequeno pode fazer operações complexas, e suas partes podem ser destacadas e reaproveitadas como funções em outros programas. Essa é uma das potencialidades da informática, ou a automação da informação, pois a codificação de um algoritmo não é, necessariamente, tão trabalhosa quanto a tarefa que ela vai realizar. Agora, enquanto a possibilidade de uma máquina gerar abstrações e novos conhecimentos ainda é uma fronteira em exploração<sup>12</sup>, o segundo excerto é importante porque diz: a máquina faz apenas aquilo que ela é ensinada a fazer. Até mesmo a área da Inteligência Artificial (IA), que lida com programas capazes de aprender por si mesmos e desenvolver soluções para

12 Em (Le et. al, 2012) descreve-se uma rede neural construída em um cluster de 16.000 processadores que, ao ser exposta a um conjunto de 37.000 imagens, conseguiu categorizá-las de diversas maneiras, que incluem rostos humanos, corpos humanos e gatos, sem que essas categorias tivessem sido definidas de antemão. Essa descoberta autônoma e não-supervisionada levanta questões sobre as noções intuitivas de criatividade e aprendizagem que costumam ser utilizadas para se imaginar o que computadores podem efetivamente fazer.

problemas de forma autônoma, só existe porque estão sendo criados métodos por meio dos quais um programa de computador pode aprender e até mesmo criar<sup>13</sup>. O que o programa faz é diretamente relacionado ao que ele foi feito para fazer, mesmo que não seja limitado a isso.

Computadores são máquinas que funcionam a partir de duas dimensões. A primeira, física, é o hardware (seus componentes mecânicos e eletrônicos), a segunda é o seu software (sua configuração). Qualquer computador deve, em tese, ser capaz de resolver qualquer problema computacional proposto. O hardware encapsula a potência dessa díade, assim, seria possível resolver os complexos cálculos de uma animação 3D usando uma máquina de Babbage, mas ela poderia levar décadas, ou mesmo séculos, para resolver um problema que um computador moderno resolve em segundos.

Máquinas dependem de um programa, uma configuração, um conjunto de instruções organizados que lhes guiem na execução de uma tarefa (um **algoritmo**). As instruções estarão escritas em uma “linguagem de máquina”, seja ela o conjunto de símbolos abstratos propostos por Turing, um posicionamento de engrenagens, no caso de computadores mecânicos, disposições de campos magnéticos gerados por correntes elétricas, no caso de computadores eletromecânicos, ou cargas elétricas acumuladas em micro transistores, no caso de computadores eletrônicos. As instruções são, então, em essência um texto que pode ser lido e seguido pela máquina.

Assim, computadores se dividem em duas partes. A primeira é sua estrutura física, o **hardware**, e a segunda é a sua configuração, o **software**, que pode ser facilmente alterado. Essa díade, enxergada desde o século XIX nos trabalhos de Charles Babbage e Ada Lovelace, é de extrema importância para esta tese.

## 2.1 A revolução da microeletrônica e o nascimento da sociedade da informação

A humanidade já passou por diversas revoluções tecnológicas. Uma revolução é uma descoberta ou invenção de uma nova tecnologia que é rapidamente adotada e espalhada por comunidades humanas em contato, alterando sua cultura, sua economia e a sociedade como um todo. Enquanto esse o conceito é central, enxergá-lo como uma fronteira, como uma divisão de dois momentos, é contraproducente, obscurecendo o processo e escondendo alguns

13 Ainda há muita discussão se um computador pode realmente aprender e criar, ou se a IA é apenas uma imitação limitada dos processos de aprendizagem. De qualquer forma, como afirma o experimento da "sala-chinesa" (Searle, 1980) a IA realiza trabalhos com resultados análogos aos que um ser humano poderia fazer, escapando da computação como uma simples substituição simbólica.

de seus fenômenos. Há uma materialidade clara na tecnologia, e ela também é um fechamento cada vez mais integrado e coeso (Simondon, 1980), mas o próprio movimento de revolução não deve ser entendido como uma transição de duas eras, mas uma lenta criação de uma infraestrutura e sua constante ressignificação pela sociedade. Pode-se observar a revolução da microeletrônica sobre as TICs e as mudanças nas visões do que os cientistas e engenheiros que trabalhavam com essas tecnologias imaginavam que elas poderiam fazer.

A máquina de Babbage (descrita em 1837) é o primeiro dos computadores modernos, uma calculadora mecânica capaz de seguir uma série de instruções específicas, além de realizar *loops* (repetir o código) e testes condicionais nos seus dados e possuir uma memória. Essa era uma visão de um computador construído mecanicamente, sem os circuitos eletrônicos, o que forma uma tecnologia completamente diferente, que pode ser vislumbrada na máquina de calcular austríaca Curta, de 1930, com um design arrojado e portátil (na figura 5, abaixo), mas que logo seria substituída por calculadoras eletrônicas. Por outro lado, esse mundo era obscuro para Babbage, que via sua criação como uma forma de alcançar uma maior precisão nas tabelas e régua de cálculo usadas por engenheiros, ele não tinha como ter a menor ideia do que viriam a ser os computadores modernos, e nem das limitações do seu projeto.

*Fig. 5: A calculadora mecânica Curta, de 1938. Máquinas de calcular mecânicas foram praticamente substituídas pelas máquinas de calcular eletrônicas*



Fonte: Wikimedia<sup>14</sup>

Os trabalhos de Lovelace e Turing lidavam com conceitos da computação antes

14 Disponível em <[https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ra%C4%8Dunarska\\_ma%C5%A1ina\\_CURTA.jpg](https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Ra%C4%8Dunarska_ma%C5%A1ina_CURTA.jpg)>

mesmo da área ser considerada uma ciência, e ambos também não tinham como imaginar o potencial de suas discussões. Turing faleceu em 1954, mas ele influenciou o desenvolvimento do Colossus (Hodges, 2016), o primeiro computador digital, uma máquina de guerra desenvolvida para quebrar os códigos da criptografia nazista. Ele também deve ter visto, ou pelo menos lido sobre, o primeiro computador eletrônico e comercializado do mundo, o ENIAC, produzido em 1945<sup>15</sup>, um monstro gigantesco pesando quase trinta toneladas. Nenhum dos dois implementavam exatamente o modelo da máquina universal, não possuíam a fita e a cabeça de leitura, mas eram equivalentes, podiam fazer as mesmas operações e resolver a mesma classe de problemas, contando com o benefício de serem construídos a partir tubos de vácuo, grandes cilindros de vidro com mais de 10 centímetros de altura, mais rápidos que uma máquina mecânica. Esses computadores eletrônicos não poderiam existir sem o trabalho de outros matemáticos e engenheiros, como Claude Shannon<sup>16</sup>, que desenvolveram as técnicas para construção de circuitos lógicos usando chaves eletrônicas. A questão, então, é que a possibilidade tecnológica existia antes da concepção, da ideia, da tecnologia.

A máquina universal proposta por Turing, se construída fisicamente, seria uma máquina lenta, pois trabalha com uma memória física de acesso linear, exigindo um motor que move uma cabeça de leitura de um lado ao outro para ler e escrever os dados. Assim, cada operação de leitura ou de escrita na memória exigiria, nesse modelo, uma aceleração e desaceleração mecânica. O ENIAC, por ser construído com componentes eletrônicos que ignoram esse tempo de acesso e por ter registradores, era capaz de fazer 5000 operações de soma por segundo (Swaine e Freiberger, 2008). Enquanto o modelo geral garante que todos os computadores podem realizar as mesmas tarefas, a arquitetura do computador pode fazer toda a diferença na velocidade que essas tarefas serão realizadas. Turing (1936 e 1950) não cita, nos seus trabalhos, várias aplicações que os computadores modernos viriam a possibilitar, especialmente o processamento de imagens. Sua visão era puramente matemática, e computadores das primeiras gerações nem mesmo possuíam interfaces gráficas. Essas diferenças entre a concepção e a realização mostram que a tecnologia não pode ser vista como

15 Pode-se dizer que o Z3, computador eletromecânico desenvolvido por Konrad Zuse na Alemanha em 1941, teria sido o primeiro computador da história. De acordo com Rojas (1997), o Z3 é Turing-equivalente, mas suas instruções precisam ser usadas de uma maneira diferente da originalmente proposta (ou seja, para que o Z3 seja um computador, ele precisa ser *hackeado*).

16 Claude Shannon é famoso por ter criado a teoria da informação que cria de uma definição matemática de informação a partir de uma força de um sinal sobre um ruído ambiente.

um objeto fechado em si, e que a s que levou a sua criação não é suficiente para compreender todo o seu potencial e os seus desdobramentos.

Uma segunda revolução dos computadores começa com a invenção do transistor, um componente eletrônico que poderia regular a corrente elétrica em um circuito, realizando a mesma função que um tubo de vácuo. O seu primeiro protótipo foi criado em 1947 no Bell Labs, feito que rendeu aos seus desenvolvedores o prêmio Nobel de 1956, e em 1962 a Radio Corporation of America produziu o primeiro circuito integrado (*chip*), um circuito eletrônico que consegue compactar uma série de transistores em um espaço de poucos milímetros, estruturando-os como um único componente eletrônico (TORTOISE, 2020). CPUs (Central Processing Units, ou Unidades Centrais de Processamento, ou simplesmente processadores), chips que continham um circuito eletrônico de um computador, iniciavam uma nova revolução tecnológica que iria transformar radicalmente os computadores. Agora, os modelos teóricos, o software, não seriam mais os limites da computação. Eles estariam na capacidade de espremer mais e mais transistores em uma menor área, tornando-os mais econômicos e rápidos.

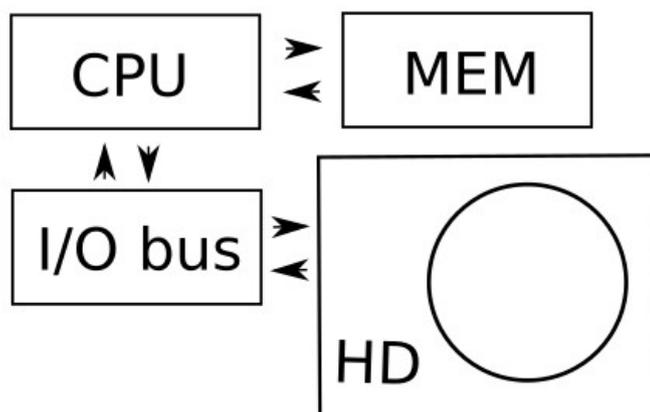
De certa forma, a estrutura dos circuitos integrados criava um **espaço de desenvolvimento** do microchip que se localizaria entre a precisão dos mecanismos de fotolitografia, necessários para fazer a deposição de substratos no silício, e dos limites dos materiais, as características elétricas dos materiais. Primeiro em uma escala macro, relativos à resistência do material e de capacitâncias internas, até chegar a uma escala na qual o transistor passa a ser afetado por efeitos quânticos (como o tunelamento de elétrons), indicando um tamanho mínimo para o transistor de silício. Até esse limite ser alcançado, pode-se reduzir progressivamente o tamanho do transistor<sup>17</sup>. Esse desenvolvimento, uma constante por décadas, foi modelado pela Lei de Moore (descrita nessa sessão).

O espaço de desenvolvimento do transistor de silício é complementado por um outro, o da arquitetura dos computadores modernos. No artigo First Draft of a Report on the EDVAC Neumann (1945) determinou os principais componentes dos computadores, definindo, também, as principais limitações que eles enfrentam. A chamada arquitetura von Neumann (algumas vezes, arquitetura de Princeton, desenhada na figura 6, abaixo) juntava o programa e o código em uma memória interna do computador, enquanto o acoplava a uma memória

17 Novas tecnologias são possíveis, diferentes tipos de dopagens, transistores de gate de nanotubos, transistores de um átomo. Cada uma dessas tecnologias pode substituir o transistor de silício, exigindo algumas adaptações, gerando um novo espaço de desenvolvimento.

interna e uma externa, em comparação com arquiteturas anteriores, que trabalhavam com uma memória de programa e outra de dados, ambos acessíveis por um *bus*, um caminho de transmissão de dados. Essa divisão abriu caminho para os computadores modernos, que hoje dividem sua memória em memórias de voláteis (rápidas e baseadas em transistores, usadas para o processamento) usadas em conjunto com memórias não voláteis (que guardam dados por mais tempo, como discos rígidos magnéticos), assim como a criação dos espaços virtuais de endereçamento, que permitem a execução simultânea de mais de um programa por um computador. Essa organização deu a forma para a operação dos computadores modernos, com programas sendo separados de seus dados, mas ela também gerou limitações. Essas limitações ficam claras na arquitetura de unidades de processamento gráfico (*graphic processing units*, ou GPUs), geralmente utilizadas para cálculos de renderização de objetos 3D, além de algoritmos de compressão de dados e decodificação de vídeos. Esses cálculos costumam envolver grandes cálculos matriciais, com pouca interdependência temporal, que podem ser feitos rapidamente em paralelo, o que torna um único *bus* de acesso à memória, capaz de passar apenas uma informação por vez, um gargalo limitante.

Fig. 6: Exemplo de arquitetura von Neumann, a CPU precisa usar um bus de entrada e saída (I/O) para acessar o armazenamento externo (HD)



Fonte: Produção própria.

Esse desenvolvimento demonstrado nos detalhes técnicos reafirma a tese de que o desenvolvimento de uma tecnologia não é um plano único, pré-determinado por uma mente visionária desde o início. *O que ocorre é que cada descoberta, cada novo planejamento, reorganiza as discussões e os desenvolvimentos sobre os computadores, modificando a tecnologia como um todo, e resignificando o que fora pensado anteriormente.* Lovelace acreditava que a máquina de Babbage poderia automatizar uma boa parte do trabalho

matemático (exceto a pesquisa, a inovação), mas não poderia, ou não se encontra em seus artigos sinal de que, imaginar que esses cálculos poderiam ser usados em tempo real para desenhar uma interface em uma tela, ou renderizar uma imagem. Enquanto a arquitetura de von Neumann é equivalente às máquinas universais, Turing não trabalhou com os computadores como máquinas binárias, mas como máquinas de tradução simbólica, que podem implementar funções para resolver problemas específicos. É sobre essa fronteira entre a Máquina Universal teórica e o Circuito Integrado pode até ser chamado de uma fronteira entre o ideal e o real, mas também é um platô sobre o qual uma nova estrutura será construída: o computador moderno, que traz novos problemas não vistos, como a existência de memórias de tamanho limitadas, com diferentes velocidades de acesso.

O modelo e as propostas de implementação física do computador criam o que se pode chamar de espaço de desenvolvimento tecnológico, um local onde o físico pode ser dirigido para o ideal, num caminho convergente. No caso da computação, o desenvolvimento nos últimos trinta anos pode ser medido pelas previsões da Lei de Moore (Moore, 1965), segundo a qual o número de transistores<sup>18</sup> em um processador de computador poderia dobrar a cada ano e meio. Assim, o processador 8086, de 1979, tinha cerca de 29 mil transistores. Em 1993, o processador Pentium P5 já possuía 3,1 milhões de transistores, enquanto o total de transistores do processador Core 2 Duo E6320, lançado no ano de 2007, era de 291 milhões de transistores. Um processador moderno, como o Ryzen 5 2600, lançado em 2018, possui 4,8 bilhões de transistores (TRANSISTOR COUNT, 2020). Grosseiramente, pode-se dizer que o número de transistores era equivalente ao poder computacional do processador, ou seja, quantos mais transistores um processador possui, maior a velocidade que ele pode realizar uma tarefa. Como um exemplo dessa constante melhoria, a largura de um transistor de um processador de 1979 (como o 8088) era de 3  $\mu\text{m}$ , já a largura de um transistor de um processador em 2020 está em 5 nm. Esse caminho continuará sendo percorrido até que essa tecnologia atinja o seu limite, a miniaturização máxima possível do transistor atual.

Durante as décadas de 50 e 60, os computadores eram vendidos como grandes máquinas, quase como sistemas industriais, que funcionavam em setores estratégicos, processando grandes volumes de dados logísticos e administrativos. As primeiras grandes empresas do ramo nasceram de empresas de cálculos e medições estatísticas. A IBM, por exemplo, nasceu da Computing-Tabulating-Recording Company, fundada em 1911, vendendo

18 Já que o transistor é o menor componente eletrônico semiconductor que realiza operações dentro de um computador eletrônico, a quantidade de transistores reflete a complexidade do processador.

máquinas para tabulação de dados. Antes da popularização dos computadores pessoais, várias instituições possuíam um setor específico, responsável pelo processamento de dados. Mas não é um exagero dizer que uma pessoa carrega hoje, nos bolsos, no seu *smartphone*, um poder computacional muito maior do que era utilizado nessa época. Ocorre que esse poder computacional foi necessário para que os computadores fossem popularizados, para que se pudesse construir neles as funções que as pessoas adotaram em larga escala.

A história do primeiro computador pessoal também é bem conhecida. Após deixar a universidade, Steve Wozniak aproveitou a sua experiência de trabalho na empresa Hewlett Packard (desenvolvendo calculadoras científicas) e seus contatos nos clubes de computação *homebrew* para desenvolver um computador pessoal, o Apple I. Junto com Steve Jobs, o Apple II foi transformado em um kit de computação para hobbistas e entusiastas da eletrônica, criando a empresa Apple Computers e adquirindo investimentos necessários para produzir e comercializar o seu computador. Apesar da inovação de Wozniak, no mesmo ano, 1977, vários outros computadores pessoais também entram em produção, como o Commodore PET (Reimer, 2005). Esses PCs eram máquinas derivadas, diferentes, mas similares, e se baseavam em tecnologia-chave: microprocessadores de circuitos integrados de segunda geração, como o Z-80, o Intel 8080 e o Motorola 6508 (na figura 7). Novamente, há uma derivação aqui, diversos tipos de microprocessadores estavam em competição, e podiam ser a base de um computador.

*Fig. 7: A "trindade" de 77, os três primeiros computadores pessoais comercializados.*



Fonte: Wikimedia Commons<sup>19</sup>

19 Disponível em <<https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Trinity77.jpg>>

A primeira geração de computadores pessoais (PCs) não se parecia em nada com os computadores modernos. Máquinas sem uma capacidade de guardar dados por um longo prazo, elas precisavam ser programadas pelo seu usuário numa linguagem que se tornou padrão, o BASIC. Pode-se dizer que os computadores pessoais eram filhos de duas tecnologias, os microprocessadores e as linguagens de programação. Eventualmente, eles iriam incorporar outras: seus monitores usavam a tecnologia das televisões (tubos de raios catódicos), suas memórias de longo prazo eram fitas magnéticas, disquetes e discos rígidos, suas interfaces eram teclados e *buzzers*, aos quais se adicionaram caixas de som e mouses. Para coordenar a crescente funcionalidade dos computadores, foi necessário criar sistemas operacionais, grandes programas que realizam a interface dos usuários, que administram os equipamentos periféricos para os programas, e que coordenam o funcionamento simultâneo de diferentes programas.

Logo, os computadores pessoais se tornariam plataformas de informação multimídia, tornando-se capazes de desenhar complexos gráficos em suas telas. Se a computação gráfica se tornou uma ferramenta poderosa para ilustrar e simular objetos físicos nos computadores, com ela surgiam as interfaces gráficas, que permitiam que um usuário interagisse com a máquina a partir de ícones e interfaces padrão (como o mouse), tornando desnecessário o conhecimento de programação para se fazer uso dos computadores. O design se tornaria uma peça fundamental do software, e a possibilidade de interagir com uma máquina não usando comandos escritos, mas uma interface sensório-motora, foi fundamental para a sua popularização. Pode-se observar uma deriva tecnológica no início dos computadores pessoais, surgem diferentes linguagens, diferentes interfaces.

Há dois movimentos nessa pequena história. O primeiro movimento, apontado por Simondon (1980), é uma crescente concretude, o que pode ser chamado de desenvolvimento da tecnologia, quando “o objeto técnico se desenvolve por convergência e por adaptação a si mesmo”. Assim, o computador parte de uma máquina gigantesca, formado de partes separadas, funcionando de modo praticamente independente, para ir comprimindo-se, tornando-se mais rápido, mais eficiente, e mais capaz de realizar suas funções. A passagem da tecnologia base do processador dos tubos de vácuo para *chip* (circuito integrado) formou algo que pode ser entendido como um novo **acoplamento estrutural** (Maturana e Varela 2003), um encaixe de dois sistemas, o do computador e o da eletrônica, que abre um novo domínio com novas possibilidades, no caso o computador moderno, e o seu desenvolvimento passou a

enxergar na inclusão de novas funcionalidades internas (unidades de ponto flutuante, sistemas de pipelines, paralelização, etc.) que também se tornavam parte essencial do computador. O desenvolvimento envolve, então, maximizar o que o processador pode fazer, assim como estabilizar suas relações com suas novas funções.

O segundo movimento é uma articulação entre diferentes tecnologias em busca de novas funções. “O uso se torna um conjunto para medir o objeto técnico” (Simondon, 1980), então a tecnologia se move sobre o platô, buscando maximizar sua utilidade para o usuário, articulando-se, ou acoplando-se, com novas tecnologias, expandindo-se por uma rede tecnológica para formar um campo de novas ações possíveis e novas possibilidades. O acoplamento estrutura, nesse caso, é guiado por uma necessidade funcional.

O Computador Pessoal representa um momento duplo, tanto um acoplamento tecnológico dos computadores e dos circuitos integrados, quanto uma metamorfose no objeto em si. Ele se tornou um objeto de uso pessoal, que não precisa mais ser operado por técnicos específicos, não é mais uma mainframe que centralizava todas as necessidades de uma instituição a que servia. Pelo contrário, ele pode migrar de uma grande sala para o topo de uma escrivaninha, ou para as salas de estar de seus usuários. E o Computador Pessoal também passaria por novas metamorfoses nesse mesmo movimento de concretização e rearticulação.

A comunicação à longa distância foi um objetivo buscado por diferentes sociedades humanas no decorrer da história: Sinais sonoros, sinais visuais, sistemas de correios que usavam pessoas, cavalos, trens e barcos para entregar mensagens. O telégrafo foi patenteado em 1837 como resultado de décadas de pesquisa e desenvolvimento de como usar a eletricidade para se comunicar à distância. Em apenas algumas décadas, a rede de telégrafos se espalhou pelo mundo, com os primeiros cabos intercontinentais sendo instalados em 1858 entre a América e a Europa (FIRST ELECTRIC, 2016).

A tecnologia da telecomunicação precedeu os computadores em mais de um século, e foi um campo de desenvolvimentos inusitado. O telégrafo podia ser usado para se passar rapidamente mensagens para qualquer lugar do mundo, e foi por ele que a Guerra de Secessão (1861-1865) nos Estados Unidos da América pode ser acompanhada em tempo real na Europa. Ele também permitia que imagens fossem enviadas por máquinas de fac-símile. Quando o telégrafo começou a ser substituído pelo telefone na década de 1870, ocorreu uma transformação radical da tecnologia, que passou a não mais usar os sinais elétricos do cabo como simples sinais binários, mas como um espectro no qual pode ser modulada a voz,

evitando a necessidade de um intérprete de código morse e abrindo a possibilidade de se passar ainda mais informação em um curto período de tempo. Ainda na década de 1880, os comutadores automáticos surgiram, máquinas que poderiam realizar as ligações a curta e longa distância automaticamente, substituindo o trabalho dos telefonistas. A telefonia ia se desenvolver e se espalhar por mais um século antes de ser plenamente articulada com computadores.

Durante a década de 1960, a popularização dos mainframes levou a criação das primeiras redes de computadores como formas de se transportar dados estratégicos para empresas e governos a longas distâncias. Essas primeiras interfaces necessitavam de um grande trabalho manual, com programadores e analistas de sistemas programando e, algumas vezes, movendo grandes volumes de fitas e cartões perfurados entre diferentes prédios.

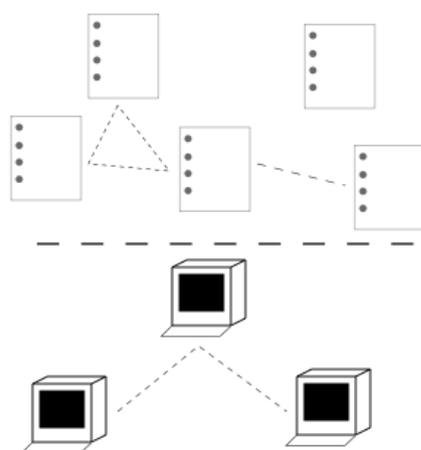
As redes de telefonia viriam a se tornar uma base fundamental para a transferência de dados entre computadores por já oferecerem uma vasta infraestrutura espalhada pelos países, retirando a necessidade de se construir redes específicas de comunicação e permitindo o teste da nascente tecnologia de redes de computadores. Interesses militares também se projetavam sobre esse desenvolvimento, e uma grande preocupação no desenvolvimento das redes de computadores (e da tecnologia chamada *packet switching*) foi a possibilidade de se construir redes robustas, que sobreviveriam a ataques inimigos e poderiam funcionar mesmo perdendo seus integrantes. Para os interesses da computação, uma rede (o **acoplamento estrutural** do computador com a telefonia) poderia ser uma forma de fazer um melhor uso do poder de processamento dos computadores, o chamado *time-sharing* permitiria que um professor universitário possa usar o computador de uma outra instituição, dividindo as tarefas de processamento entre vários computadores. As redes permitiram a troca de informações científicas e logísticas em larga escala.

A ARPANET<sup>20</sup> foi inaugurada em 1969 (Zimmerman e Erspack, 2017), e era uma rede de computadores do departamento de defesa estadunidense que se baseava na telefonia. Em poucos anos, ela se espalhava por todo o território do país, e serviu de base para a criação de novas tecnologias-chave para as redes de computadores, como os protocolos de TCP/IP. Em algumas décadas, várias redes de computadores foram criadas ao redor do mundo, alguns exemplos incluem a portuguesa SAPO-NET e a Rede Nacional de Pesquisa brasileira.

20 Eventualmente, os elementos militares da ARPANET migraram para redes próprias militares, que possuíam infraestruturas de hardware e software próprias, mas que ainda se comunicam com outras redes de computadores.

Em 1990, o pesquisador do CERN (Conseil Européen Pour la Recherche Nucléaire, ou Conselho Europeu pela Pesquisa Nuclear) Tim Berners Lee desenvolveu um conjunto de softwares necessários para fazer a intercomunicação das diferentes redes de computadores que existiam, especificamente um sistema de endereçamento que permitiria encontrar os diferentes recursos disponibilizados em servidores ao redor do mundo. A internet nasceu como uma mudança de paradigma nas redes de computadores, ao invés de se acessar computadores específicos para se encontrar os recursos necessários, tornava-se possível automatizar um processo de endereçamento, e agora o usuário poderia acessar o recurso específico, sem se preocupar onde ele estava guardado. Para ilustrar, o usuário que queira encontrar um determinado livro em uma biblioteca poderia acessar diretamente o site da biblioteca e buscar em seus links internos o livro que deseja, ao invés de ter que acessar especificamente o computador da biblioteca onde este recurso estava disponibilizado. Assim, a internet criou um ciberespaço, uma *abstração* do espaço físico espaço que é gerado, mas não diretamente relacionado à infraestrutura material das redes de computadores em um espaço de informação com endereços e caminhos próprios (esquemático na figura 8). Assim como todas as tecnologias descritas, a internet é um espaço de desenvolvimento, o seu potencial ainda não podia ser sequer imaginado.

*Fig. 8: O ciberespaço é um espaço virtual de recursos ligados em rede disponível por uma rede de computadores, na qual nem todos estarão ligados diretamente. Os caminhos físicos são independentes dos caminhos digitais.*



*Fonte: Produção Própria*

Com o surgimento de interfaces gráficas, tornou-se possível que as pessoas pudessem

usar computadores de um modo sensório-motor, a partir de uma **aprendizagem de rotas**. Tornou-se possível operar um computador manipulando uma sequência objetos digitais, não era mais necessário aprender uma linguagem específica. Quando essa interface foi adotada pela internet, com o lançamento do navegador web (programa visual para acessar e navegar na internet) MOSAIC, em 1993, que ela se tornou um verdadeiro ciberespaço, onde as pessoas poderiam usar movimentos físicos, acompanhar hiperlinks, dispor os elementos hipermidiáticos e interagir com a internet de um modo espacial. O potencial tecnológico foi tão grande que, em 1993, apesar da internet ainda ter cerca de apenas 130 sites (LIVE STATS, 2020), ele gerou a chamada Guerra dos Web Browsers, um período durante o qual havia uma disputa entre os diferentes navegadores (especificamente Netscape Navigator e Internet Explorer) para ver qual se tornaria a plataforma padrão de navegação da internet. A disputa atingiu seu clímax em 1998, quando Bill Gates, o então presidente da empresa de software Microsoft, foi chamado a depor em uma investigação antitruste do governo estadunidense, acusado de práticas de monopólio ao oferecer seu navegador junto com o sistema operacional (Hoffman, 2017). Apesar do navegador web ser apenas uma forma de acesso ao conteúdo disponibilizado na internet, as empresas já o viam como uma tecnologia valiosa. Ao ser dona do navegador web mais usado, a empresa ganharia o poder de controlar como os conteúdos da internet seriam disponibilizados, vistos, e ordenados. Também poderia alterar essas formas, incluindo nelas processos de coleta de informação (ver seção 2.2).

O casamento entre as tecnologias de comunicação e da informática não termina com o navegador web. Uma etapa posterior foi miniaturizar e baratear os computadores e permitir o acesso à internet por meio de rádios, tornando toda a conexão com a internet uma tecnologia portátil. No fórum mundial de Davos em 2005, Nicholas Negroponte apresentou o projeto OLPC, One Laptop Per Child (Um Computador por Criança), no qual almejava construir um computador que pudesse ser comercializado por menos de 100 dólares e que pudesse ser distribuído ao redor do mundo como uma ferramenta educativa (Markoff, 2005).

Pode-se dizer que a fala de Negroponte marcou o início da era dos computadores portáteis. Diversas empresas desenvolveram alternativas aos computadores OLPC, como o Intel Classmate, e toda uma linha de computadores chamados netbooks surgiam. Essas novas máquinas fugiam da lógica que ordenou os computadores durante quase vinte anos, elas não eram máquinas mais poderosas e potentes que as anteriores, pelo contrário, eram simplesmente mais baratas e ofereciam a possibilidade de se conectar à internet. Negroponte

pode ter dado uma direção para o navio, mas foi a empresa Apple que determinou o novo curso para o desenvolvimento das TICs. Em 2007, em uma conferência, Steve Jobs (o CEO da empresa), pegou um pequeno objeto de plástico, com pouco mais de 11 centímetros de comprimento, 6 de largura e menos de 2 centímetros de altura. Mostrando para o público, ele apertou um pequeno botão e o objeto se iluminou, era uma tela que mostrava uma lista de músicas, uma *touchscreen* (tela sensível ao toque) na qual, usando gestos com os dedos, Jobs selecionou de uma lista a música “With a Little Help from My Friends” que começou a tocar. O *smartphone*, um aparelho de acesso à internet que você pode carregar no bolso<sup>21</sup>, era lançado para o grande público.

O *smartphone* ainda iria incorporar outras funções e tecnologias. Uma miríade de sensores, GPS, câmeras de alta resolução, baterias de longa duração. Ele também foi o palco de uma disputa por tecnologia dominante, com uma corrida entre o Iphone e os sistemas operacionais Android e Windows Phone em uma busca para saber qual sistema operacional seria a dominante, e como o mercado consumidor se segmentaria. Um de seus principais segmentos de mercado se tornaram as redes sociais e aplicativos de comunicação, que encontravam no acesso ubíquo à internet uma nova forma de interação social. Empresas encontraram no modelo de aplicativos e no chamado “trabalho de plataforma” (Srnieck, 2017) uma forma de se espalhar rapidamente ao redor do mundo, cortando custos de investimentos em infraestrutura e em relações trabalhistas usando a infraestrutura já popularizada dos *smartphones*.

Ainda não é possível saber como as TICs continuarão se desenvolvendo e que forma tomarão em um futuro próximo. O que se pode apontar é a constante transformação que a tecnologia da informática passou. Apesar de sua ideação precedê-los, o computador só foi plenamente concebido a partir dos trabalhos de Alan Turing e John V. Neumann. Essa concepção, por sua vez, guiou um desenvolvimento, criando uma expectativa para o que ele poderia fazer. No decorrer do tempo, diferentes acoplamentos estruturais (como o uso de chips) foram alterando essa tecnologia, transformando-a e gerando novos espaços de desenvolvimento, permitindo, também, novos acoplamentos e incorporações funcionais, que geravam novos usos para ela. Da máquina universal ao mainframe, do computador pessoal ao netbook, do telefone ao *smartphone*, traça-se uma história que não pode ser entendida apenas

21 É importante frisar que a visão de Negroponte e Jobs não eram congruentes. O primeiro queria lançar um computador para acesso à internet, editar documentos e programar. Já Jobs anunciava o seu produto como um telefone, um navegador da internet e um telefone. Os dois podem ser chamados de visionários, mas pode-se afirmar, com certeza, que nenhum deles previu exatamente o que um *smartphone* se tornaria.

como uma revolução, como uma mudança súbita de paradigma, mas como uma longa série de transformações guiadas por forças internas e externas. A fronteira do digital divide não é um objeto ou fato singular, é uma história.

A tecnologia se transforma, mas ao se transformar ela muda a forma como interage com os seres humanos. A máquina de Babbage é um computador, mas não é capaz de substituir um computador Apple II que, por sua vez, também não poderia substituir um computador moderno, pois não possui nem um sistema operacional, que facilitasse o seu uso e administrasse uma diversidade de programas e recursos, e nem uma conexão com a internet.

Em 2016, a ONU reconheceu, pela primeira vez, o acesso à internet como um direito universal (ONU, 2016). Talvez esse seja um marco que ilustra o segundo problema relacionado à sociedade em rede: as tecnologias da informação não são apenas um **objeto estranho**, mas uma série de usos e ações que eles permitem que seres humanos desempenhem. Hoje é muito difícil pensar, por exemplo, em um computador sem acesso à internet, ou a internet sem redes sociais. A entidade da máquina universal é uma função da estrutura do computador, e mesmo que o seu desenvolvimento foi guiado pelo platô do poder de processamento, seu acoplamento às redes de computadores se tornou uma de suas principais funções, a ponto de criar uma dificuldade epistemológica. No momento em que computadores em rede passam a oferecer processamento distribuído, armazenamento de dados em rede e uma série de serviços web, por mais que essas funções sejam desempenhadas e modeladas por computadores, torna-se difícil enxergá-los nesse emaranhado, tanto como servidores dentro de um prédio em algum lugar do mundo, quanto como sistemas que funcionam de forma distribuída e coordenada.

Ao pensar no emprego das tecnologias na educação, é necessário pensar que a metáfora da **caixa-preta** não é capaz de vê-la como um objeto complexo, mas permite entender os efeitos que ela causa no ambiente ao seu redor. A tecnologia não determina os seus usos, apenas os possibilita. Serão os usos, determinados pelos usuários, pela cultura que se emergem, e pelo sistema socioeconômico, que, por sua vez, determinam a tecnologia. Como se afirma na primeira seção, a crise que se vive é um esgotamento, um momento em que a mudança ultrapassa a velocidade em que a sociedade consegue estabilizar a máquina e seus usos.

Esse histórico da revolução dos computadores foi trazido para construir uma perspectiva. O que se diz aqui não é que a sociedade empurra o desenvolvimento tecnológico

baseada em seu sistema sócio econômico (Harari, 2018). Para essa tese, o paradigma é que o puro desenvolvimento tecnológico é o motor da mudança dos tempos. Um princípio técnico em transformação é um espaço de inovação, no qual novas funções e novos usos são constantemente descobertos e transmitidos socialmente. Antes de explorar mais sobre como esses usos são construídos socialmente, não se pode falar de um *digital divide*, mas de uma deriva digital, pois ela está em constante transformação.

## 2.2 Info-capitalismo e Plataformas

Nos últimos anos da década de 90 um rumor começava a se espalhar pelas comunidades que usavam a nascente internet. Engenheiros, *hobbistas*, pesquisadores e investidores ouviam sobre um possível *bug* do milênio, um suposto erro básico nos softwares que operavam os maiores sistemas do mundo. Ao codificar os anos usando apenas dois dígitos (de 00 a 99), os programadores poderiam ter criado um problema nas bases de dados: a mudança do século poderia levar vários sistemas a retornarem a estados anteriores, levando a uma destruição de suas informações.

O *bug* do milênio (Uenuma, 2019) representava uma ameaça real aos sistemas de computação em um erro de software. Ele não destruiu a internet, na verdade praticamente não afetou a maioria de seus sistemas, não passou de uma ameaça a maioria dos sistemas não foram afetados, enquanto os outros foram rapidamente *patcheados*<sup>22</sup>. A real catástrofe viria a acontecer em 2001, com o chamado estouro da bolha *dot.com*, quando as ações das empresas de tecnologia estabeleceram uma tendência de queda que se manteria por um ano inteiro, levando uma série de empresas à falência. A perda de 85% do valor do índice NASDAQ da bolsa de valores dos EUA (Macrotrends, 2018), especializado em empresas de tecnologia, representava inúmeras empresas *startups* que faliam, muitas delas trazendo um modelo de negócio baseado em lojas virtuais especializadas que, por não terem lojas físicas, ofereciam preços muito menores do que a concorrência e investiam pesadamente em marketing.

Se o estouro da bolha foi uma catástrofe financeira, ele foi apenas um marco na expansão das empresas de tecnologia. Enquanto a década de 1990 foi, para a internet, uma época anárquica, comunal e desorganizada, a década de 2000 representou uma colonização desse espaço pela grande sociedade, que foi possível com a popularização e o barateamento

<sup>22</sup> Um *patch* é uma peça de software que permite corrigir um erro ou uma vulnerabilidade, ou melhorar a performance de um sistema mantendo sua estrutura intacta.

dos computadores, a ampliação da velocidade do acesso à internet e a criação de modos de financeirização de sites e serviços online. O maior exemplo desse movimento foi quando a Google, empresa de buscas na web criada em 1998, adquiriu a empresa Applied Semantics, que era dona de uma tecnologia que poderia revolucionar seu modelo empresarial. O crescimento no número de sites e de computadores conectado à internet sempre prometeu que o marketing seria uma forma de integrá-la à economia. Inicialmente, sites com um grande número de visitantes poderiam vender *banners* e *pop-ups*, espaços reservados para anúncios de empresas interessadas. A Google, que oferecia uma metodologia inovadora de pesquisas da internet baseada no número de links para uma página como métrica de sua importância, usava uma estratégia similar, vendendo a associação de propagandas à palavras pesquisadas. Dessa forma, um restaurante poderia pagar para que o seu site sempre aparecesse associado a qualquer pesquisa com, por exemplo, a palavra “à la minuta”, e ele poderia saber quantos clientes ele teve, quantos cliques de acesso seu site teve, dados esses providos pela própria Google. A tecnologia da Applied Semantics (renomeada como AdSense) prometia uma personalização a partir das preferências do próprio usuário. Dessa forma, um site poderia colocar um *banner* da Google cujo conteúdo, cujo anúncio, seria determinado pelo conteúdo da página e a pesquisa do usuário que o levou para lá (ou um perfil de preferências desse usuário criado a partir de seu histórico das pesquisas). A Google passaria a intermediar o contato entre o anunciante e o usuário nos sites, criando um sistema automático para identificar qual anúncio seria mais relevante no momento, que poderia medir o seu sucesso no número de acessos pelos seus *banners*, num verdadeiro leilão eletrônico

Em 2004, quase um ano após ter adquirido a Applied Semantics, a Oferta Pública Inicial (IPO) das ações da Google avaliaria o seu valor em 23 bilhões de dólares, um valor quase dez vezes maior do que o inicialmente esperado (Ritter, 2014). Talvez, aqui, pode-se marcar o verdadeiro casamento entre a internet e o capitalismo, passou-se a usar dados de acesso, perfis e metadados para se calcular valores de páginas e cliques. “Dados se tornaram o novo petróleo”, nascia o que pode se chamar de “**info-capitalismo**”. Assim, pergunta-se: Como a informação, produzida pela díade hardware e software, gera um novo tipo de empresa e uma nova forma de produção?

Primeiro, é importante afirmar que a informação é material. Pelo menos pode-se dizer que ela só existe quando inscrita em um meio material, seja ele uma onda sonora (voz), uma marcação de tinta (escrita), ou mesmo como uma carga de elétrons em na porta de um

transistor ou um sinal elétrico em um fio ou *bus* (dados eletrônicos), como sinais magnéticos em um *hard drive*, ou na estrutura de um cérebro humano (pensamento). Alguns desses meios materiais são efêmeros, e logo perderão a informação original para o ruído do ambiente, enquanto outros podem durar séculos, até mesmo milênios. Assim, a computação, como campo de conhecimento, trabalha com um substrato material para codificar e processar a informação, num verdadeiro trabalho de tradução. O computador é uma máquina, como os motores a vapor e a gasolina, que faz o seu trabalho a partir da conversão de formas de energia num movimento entrópico. No caso o seu trabalho consiste na mudança de uma informação codificada (processamento) em outra. Assim, o trabalho da informática é um trabalho material, ainda que muitas vezes seja incompreensível para seres humanos.

As Tecnologias da Informação e comunicação, como extensão, também possuem uma infraestrutura material. Como foi discutido nas sessões anteriores, é necessário um computador para rodar um programa, e a capacidade de processamento desse computador pode determinar o quão rápido ele poderá executar esse programa. O **info-capitalismo**, na sua primeira forma, era muito similar às máquinas da revolução industrial: uma máquina, um computador, operado por trabalhadores especializados, os programadores, que o usavam para transformar uma matéria-prima, dados, em um produto, dados processados. Como o nascimento das redes de computadores, o **info-capitalismo** iria mudar radicalmente.

As TICs existem a partir do casamento de hardware e software, ou seja, quando a máquina física recebe uma configuração que determinará o que ela fará. Essa entidade é similar ao conceito de *milieu técnico* de Simondon, um conjunto de partes que são independentes, cuja funcionalidade surge a partir da sua colaboração. A dualidade de software e hardware, que foi necessária para explorar o desenvolvimento dos computadores, é solidária, já que um computador sem uma programação não realiza função nenhuma. Com o advento das redes de computadores, ao olhar para um sistema como o Google AdSense, não se está falando mais de um computador, isolado, executando um programa. Está se falando de um sistema que surge da coordenação de vários programas, sendo executados simultaneamente em várias máquinas, capazes, até mesmo, de uma grande redundância e resiliência. Se há um erro no hardware ou no software de um computador isolado, ele deixa de funcionar. Quando múltiplos computadores operam em conjunto, o sistema ganha robustez, pois cria-se a possibilidade de se tolerar erros e *bugs*, fazer versionamento dos arquivos, além de permitir acesso remoto, trabalho simultâneo, etc.

Os primeiros editores de texto tinham que ser programados diretamente no computador para serem utilizados pelo usuário. Esse casamento transformava o PC num editor de texto, incapaz de fazer outras funções até ser reprogramado. Com o passar do tempo, periféricos como fitas magnéticas permitiam o usuário carregar o programa quando precisava, sem necessitar digitar o código no computador. Para fazer a edição de texto, o usuário deveria coordenar uma série de tecnologias independentes (computador, linguagem de programação, fita magnética). Hoje, um computador pode receber um programa de maneira remota, baixando-o diretamente da internet. De uma forma mais complexa, ele também pode executar esse programa de forma distribuída, rodando-o em um outro computador, ou mesmo em um conjunto de servidores diferentes, sem executá-lo localmente.

Do lado do usuário, o programa de computador também ganha uma nova característica. Usar um editor de texto já foi uma experiência solipsista em que o usuário deveria manufaturar o seu próprio sistema de edição. Com o tempo, o computador ganhou sistemas de armazenamento de dados por um longo período, e o usuário já não precisaria mais programá-lo para usá-lo. Com as redes de computadores, surgem sistemas de edição simultânea e backup em rede, retirando o programa do próprio computador e permitindo um trabalho colaborativo.

Computadores são consideradas máquinas universais porque são potencialmente capazes de resolver uma gama de problemas únicos, quando unidos a um software específico. A Internet lhes deu uma nova capacidade, de trocar informações entre si, criando um ciberespaço mantido pela comunicação de vários computadores, um espaço virtual que seres humanos podem usar para acessá-lo.

Até o momento, a palavra rede foi usada como intercambiável para a rede de computadores, mas será necessário abrir os seus significados. O primeira é, logicamente, a internet, a rede mundial de computadores, na qual inúmeras máquinas se comunicam e trocam informações de acordo com as necessidades de operadores humanos e as restrições trazidas pelos programas de software. Normalmente, computadores ligados à internet podem ser servidores, aqueles que oferecem recursos na rede, e os clientes, aqueles que buscam os recursos, esse encontro sendo mediado por uma série de protocolos, programas e outras máquinas, como roteadores (uma arquitetura que também tem suas limitações).

O segundo significado que se dá para a palavra rede é mais amplo, ela é uma cadeia interligada por meio da qual a informação pode fluir. Este é o ciberespaço que, mesmo sendo

construído sobre uma infraestrutura física<sup>23</sup>, possui uma geografia própria, separada (ainda que não totalmente) do espaço físico. Esse significado é elusivo, pois levanta a dúvida sobre o que são os nodos que transmitem informações entre si e qual o tipo, a natureza dessas informações. Imaginando os nodos como computadores e as informações como dados computáveis, refere-se ao primeiro significado da palavra rede, e perde-se a referência ao mundo que é o ciberespaço diante dos serviços distribuídos, já que muitas vezes um serviço específico está distribuído na rede.

Na sociedade da informação os computadores são usados para formar um ciberespaço entrelaçado com o espaço físico e ela encontra um marco no Google AdSense, um dos vários momentos que sedimentam uma lógica própria. Suas bases de dados são distribuídas em diversos *data centers* (centros com milhares de computadores servidores) que mantém backups de suas informações simultaneamente em vários lugares do mundo, usando métodos para manter a consistência entre elas. Essas bases são capazes de recuperar informações díspares, do conteúdo do site, dos diferentes anunciantes, dos interesses do usuário, cruzá-los e realizar um leilão para decidir qual anúncio será exibido em um *banner*. Tudo isso de uma maneira distribuída e invisível às partes, em um tempo imperceptível. O *AdSense*, e as tecnologias posteriores, tornaram o seu uso numa forma de trabalho. Os dados extraídos das navegações e interações dos usuários são valiosos, tornam-se uma forma de se criar capital, onde cada clique, talvez até mesmo cada olhar (Edwin, Yeoh e Miller, 2019), consegue quantificar um valor de si mesmo. Estatísticas de visualizações e satisfação com o serviço, assim como qualquer dado que um usuário queira deixar de si mesmo usando um serviço, se tornaram a base de um modelo de negócios (Pariser, 2011).

O termo “computação em nuvem” (*cloud computing*) tem se popularizado para se referir a serviços distribuídos de informática, tanto de armazenamento de dados, quanto de processamento. Enquanto o termo tem origem como um serviço empresarial, a ideia é que qualquer um pode acessar seus dados, em um serviço como o *Dropbox* ou *Google Drive*, em qualquer computador conectado à internet. Dessa forma, desprende-se a informática do casamento entre um computador e um programa, o hardware e o software estão distribuídos,

23 O ciberespaço precisa de computadores para processar as informações que rodam por ele, de conexões (fios e transmissores de rádio) pelas quais as informações são passadas, além de protocolos que modulam a transmissão das informações. Enquanto a internet foi construída para ser robusta, e sua arquitetura suporta há bases de dados distribuídas e redundantes, muitos serviços da internet podem ser derrubados fisicamente, um acidente, como a falta de luz, pode cortar todo o acesso a uma página da internet, a um local do ciberespaço. A capacidade de um servidor também pode ser um limitador para um serviço, para a escala que ele pode atingir.

estão em rede, são constantes acoplamentos funcionais realizados de forma fluída.

Até este momento, os computadores foram descritos como máquinas, como objetos físicos concretos, delimitados, que devem ser operados por pessoas; mas, no momento em que esses sistemas do ciberespaço se tornam cada vez mais comuns, é necessário adotar um novo conceito para se referir a eles, a **plataforma**. A plataforma é máquina virtual com a qual o usuário interage, formada de várias máquinas distribuídas. Apesar de estar sendo executada de forma distribuída em vários servidores ao mesmo tempo, uma rede social parece ser uma única entidade que é acessada pelos seus usuários. Um sistema de versionamento de software (como o Git) ou de arquivos de texto (como Google Docs ou o etherpad) são, para todos como se funcionasse como uma única **caixa-preta**, com a qual os usuários interagem simultaneamente.

A plataforma também mistura uma série de caixas-pretas, algumas delas são máquinas, outras são pessoas seguindo procedimentos ou organizações, todas trabalhando em um sincronismo, trocando informações entre si. O exemplo mais claro dessa múltipla modalidade dos componentes da plataforma é o trabalho de moderação de conteúdo em plataformas como o Youtube e o Facebook (Roberts, 2019). Além de filtros de conteúdo automáticos, que fiscalizam fotos e vídeos no momento em que são carregados na plataforma de modo a bloquear conteúdos proibidos, as empresas empregam seres humanos (muitas vezes como trabalhadores terceirizados) como moderadores, que verificam pessoalmente conteúdos selecionados por amostragem ou por *flagging* (indicação de um usuário). O volume desse trabalho fica evidente ao se considerar que cerca de 500 horas de vídeos são carregadas no Youtube a cada minuto (Tankovska, 2019), e muitos trabalhadores desenvolvem sintomas de estresse pós-traumático pelo tipo de conteúdo que deve ser monitorado (Allyn, 2020).

Uma característica fundamental da plataforma, como uma estrutura da economia, é que ela é “uma infraestrutura digital que permite que dois ou mais grupos interajam” (Srnieck, 2017), que não apenas são distribuídas, mas têm o seu valor na quantidade de usuários que as utilizam. Descolado do casamento entre computador e programa, o hardware e o software, as máquinas que estruturam o **info-capitalismo**, se tornaram uma complexa rede própria, que envolve máquinas, operadores e usuários, além de *stakeholder*, pessoas que tenham uma participação nos produtos gerados pela plataforma (geralmente uma parte dos seus lucros).

Parte humana, parte máquina, plataformas tem se tornado uma instituição central na organização social. Se, por um lado, as redes sociais se tornaram o palco de formas de

organização social autônoma sem precedentes, o fenômeno da **uberização** também mostra uma revolução que a sociedade da informação traz para a economia. A empresa Uber, criada em 2009, comercializou um sistema de *ridesharing* que permitia, por meio de um smartphone com GPS, conectar um motorista a um usuário para realizar um deslocamento, a um preço pré-determinado pela empresa numa transação realizada automaticamente por cartão de crédito. Apesar de ser uma empresa de transporte sem um único veículo próprio, sem empregar motoristas como funcionários, e sem gerar lucros (Bedingfield, 2019), ela manteve um crescimento constante durante anos, sendo avaliada em seu IPO em 80 bilhões de dólares. Apesar do valor estar abaixo do especulado, há de se perguntar como essa empresa conseguiu se estabelecer como uma gigante do transporte. Pode-se dizer que o seu valor está sendo medido pela quantificação de usuários que usam e motoristas que usam os seus serviços, pela popularidade de sua marca, pelo volume de transações que intermedia e pelo número de cidades onde está instalado. A empresa também criou promessas inéditas, primeiro que seus motoristas não são empregados nos termos tradicionais, mas são cadastrados, podendo oferecer seus serviços a qualquer momento. A segunda promessa é que, em um período de médio prazo, ela será capaz de desenvolver carros autônomos, que eventualmente poderiam substituir os motoristas numa infraestrutura já muito bem estabelecida.

As leis de produção intelectual tornaram-se o estamento para o **info-capitalismo**. Se, como se afirmou, a informação é um produto material, ela possui duas características próprias. A primeira é que os custos de sua reprodução são, muitas vezes, negligenciáveis, o que fica bastante claro quando se pensa no formato de um arquivo digital. Bits e bytes são, na verdade, pequenas cargas elétricas na memória, uma sequência de impressões magnéticas em um disco rígido, um curto sinal elétrico de alguns milissegundos. Um chip de memória flash (usado em *pen-drives*) pode armazenar dados na casa de centenas de Gigabytes, centenas de bilhões de sinais binários, em um volume físico de décimos de centímetros cúbicos e um peso de algumas gramas. A velocidade de escrita, usando uma conexão USB 2.0, pode chegar a 15 Megabits por segundo, 15 milhões de dígitos binários por segundo. Dessa forma, uma pessoa comum, usando um computador com uma única porta USB (operando a 2,5Watts), poderia fazer uma cópia por segundo de um livro digital (com 2 Megabytes) a um custo elétrico praticamente negligenciável, de menos de 1 joule de energia. Esse método ilustra a potência das TICs para distribuir informações, mas é bastante precário, se comparado a outros.

Segundo, a informação também é um tipo específico de ferramenta. Ela se refere a

uma ideia, a um modo de fazer, a um dado, a uma configuração e, enquanto ela tem o seu valor apenas quando processada e transformada. A cognição humana é, em diferentes níveis, um sistema informacional, assim, a informação também possui um valor quando articulada pela mente. Dessa forma, a informação, referente tanto a uma determinada codificação quanto a um modo de fazer<sup>24</sup>, ao se tornar um meio de produção do capitalismo, tem que ser observada, mensurada e regulada por sua lógica.

A necessidade da proteção intelectual na informática surge pelo computador trabalhar com softwares, com informações de configuração específicas. Já o **info-capitalismo**, se quer manter a propriedade sobre os seus meios de produção, requer uma infraestrutura judicial baseada tanto em patentes, quanto em legislações de copyright. Isso fica bastante claro nas amplas discussões acerca do movimento do Software Livre e na preocupação com a pirataria de software, ilustradas em documentos como a “Carta Aberta aos Hobbistas” (Gates, 1976) e no “Manifesto GNU” (Stallman, 1985), apresentando visões contrastantes sobre como construir, manter e distribuir software. Essas mesmas preocupações se refletem na constante construção de mecanismos de prevenção à cópia, como CD-Keys, técnicas de criptografia e, hoje, *Digital Rights Management* (DRM). Essa infraestrutura de sistemas de proteção à cópia é tão cara ao **info-capitalismo** quanto as leis de proteção intelectual. Um interessante desenvolvimento desse sistema é o “*software as service*” (Microsoft, 2020), a ideia de que o hardware pode ser próprio, mas o software será cedido, por meio de um aluguel ou alguma outra forma de monetização como a coleta de dados, para o usuário. Esse conceito, que ainda está sendo gestado, já aparece em video-games *multiplayer*, sob a alcunha de *battle passes*, e no próprio conceito do sistema operacional Windows 10, que mudou seu sistema de licenciamento de licença de uso de máquina para o usuário.

Por esse recorte, as plataformas são ao mesmo tempo difusas e operam pelo controle social de meios de produção, o seu funcionamento ainda é similar a uma **caixa-preta**. Assim, enquanto possuem entradas e saídas, suas funcionalidades podem ser desconhecidas, ou mesmo escondidas, de seus usuários. No exemplo do AdSense, todo o processo de escolha da propaganda, que inclui o cruzamento de dados relacionados ao conteúdo do site e às preferências do usuário, assim como um leilão de venda da propaganda para as partes interessadas, é realizado sem o conhecimento do usuário. A entrada é a busca, a saída é a

24 A propriedade intelectual é um conceito-chave para essa ligação, e hoje ela se dá de duas maneiras. A primeira através do copyright, que garante a autoria e o direito exclusivo sobre a veiculação de um determinado texto ou imagem (e código). A segunda através das patentes, direitos de uso exclusivos de processos industriais e tecnologias.

propaganda associada.

"Vivemos em uma era de profunda assimetria epistêmica. A hipervisibilidade do cidadão como indivíduo – monitorado por todo tipo de dispositivo inteligente – é acompanhada da hiperinvisibilidade de todos os outros agentes" (Morozov, 2018, pg. 113)

Estes processos internos, complexos, não possuem apenas repercussões internas nas plataformas. Pelo contrário, ao contrário do que o modelo da **caixa-preta** inicialmente parece afirmar, eles geram uma série de efeitos em larga escala.

### 2.3 Tecno poder e fenômenos emergentes

As plataformas podem ser estruturas socioeconômicas formadas a partir das TICs, mas os seus efeitos não podem ser resumidos e entendidos como uma simples ferramenta distribuída que dota as pessoas de certas capacidades. Pelo contrário, os efeitos das plataformas se articulam socialmente, rapidamente se difundindo e transformando radicalmente a sociedade de formas imprevistas.

Nesta seção, se faz uma argumentação sobre como a tecnologia e as formas como elas tomam nas sociedades. Novas infraestruturas ressignificam as práticas sociais, que abrem espaço para a construção de novas tecnologias, a criação de novas instituições, e de novas infraestruturas. Quer-se argumentar que essas infraestruturas não são constituídas apenas de máquinas, como se as caixas-pretas com suas entradas e saídas formassem os tijolos, mas quer-se argumentar como os processos internos dessas caixas se inter-articulam, extravasando as fronteiras das caixas.

Uma das ideias mais pungentes de como a informática poderia ter extensos impactos sobre a humanidade foi trazida por Lévy (1997), que vislumbrou que o hiperlink, a capacidade de gerar ligações em conteúdos ao misturar textos e imagens, áudios e filmes, simulações interativas com referências a lugares físicos, formariam uma hipermídia, gerando uma nova capacidade para a inteligência humana. Ele afirmava que essa era uma capacidade inédita humana, uma continuidade do desenvolvimento das habilidades linguísticas, mas uma verdadeira inovação por si só e sem precedentes.

Lévy (1997) propõe que as TICs formam uma verdadeira **arquitetura cognitiva**, ou seja, elas conformam, possibilitando, potencializando e impedindo certas ações, multiplicando os seus resultados. Segundo ele, a proliferação da comunicação por meio de hiperlinks e hiperdocumentos criaria uma nova forma de tecer informações, abrindo um caminho para

rotas intertextuais com significados próprios. Essa uma nova arquitetura da escrita permitia um novo tipo de leitura.

Arquiteturas se tornaram um conceito de muito interesse para as ciências modernas. Se, a princípio, faz sentido colocar o caixa na entrada de um pequeno mercado, de modo que não se possa entrar e sair sem o olhar atento do caixa, essa ligação íntima só surge por características que se quer manter e reforçar (pode-se escolher os produtos, mas deve-se pagar por eles), e um olhar atento revela que essa arquitetura é possível por uma série de infraestruturas prévias e está a serviço de um sistema maior de relações. Pode-se apontar como essa arquitetura de um pequeno mercado acomodou os sistemas de circuito fechado de TV, câmeras internas para vigiar o comportamento de clientes, evitar furtos e identificar assaltantes. Esses sistemas encontram um acoplamento estrutural nessa arquitetura, é difícil encontrar, por exemplo, gravadores de áudio nas lojas, cujo registro não seria muito útil para a vigilância. A tecnologia entra por reforçar a arquitetura, servindo às suas necessidades, mas quando há um acoplamento há uma abertura para mudanças na própria arquitetura. E é nesse sentido que deve-se afirmar que a tecnologia não é neutra, mas está a serviço de uma série de propósitos, ela se constrói sobre uma série de discursos, de intenções, enquanto também abre novas possibilidades.

São abundantes os estudos sobre os diversos fenômenos emergentes da sociedade da informação, a proposta da hipermídia de Lévy é apenas uma delas. Manuel Castells (2006) investiga o aparecimento da autocomunicação em massa, mostrando que a hiperconectividade da rede não se daria apenas nos conteúdos propostos, mas entre pessoas. Ao se comparar os dois teóricos, Lévy imaginava que o computador tomaria a forma do Memex, uma máquina capaz de juntar e criar novos conteúdos de hipermídia, enquanto Castells apontava que a direção em que a internet se movia era na criação de um sistema de interconectividade horizontal, onde todos poderiam se comunicar rapidamente com os seus contatos, sem os caminhos de comunicação tradicionais (distâncias físicas e as hierarquias institucionais). Cada um desses teóricos, na verdade, propõe um recorte do que é possível. Basta olhar uma rede social como Twitter ou Facebook, os dois autores podem ser reconhecidos na constante troca de conteúdos hipermidiáticos, a repostagem e citações de outras pessoas, assim como a possibilidade de se falar sem intermediários com quase qualquer pessoa, ou a limitação do tamanho das mensagens, para se ver a precisão dos seus apontamentos, assim como suas limitações.

O **info-capitalismo**, na verdade a sociedade da informação como um todo, pois há várias formas de organização social paralelas ao capitalismo na rede, tem sido uma busca exaustiva por inovação, por novos meios de usar a infraestrutura do ciberespaço, ou seja, por sistemas que ofereçam novas funcionalidades e sejam rapidamente adotados pelos usuários. O esforço de encontrar um elemento essencial no acoplamento das funções e dos desejos da sociedade com as TICs pode ser insuficiente para se pensar no verdadeiro impacto que elas trazem, pois esse acoplamento não é direto, limpo, ou neutro. Os computadores em rede não foram uma tecnologia desenvolvida para se permitir o hiperlink, tão pouco a autocomunicação em massa. Esses, na verdade, são fenômenos emergentes, resultantes dos acoplamentos funcionais da tecnologia com a sociedade. *Esse acoplamento pode gerar uma reinvenção da estrutura, rompendo ou ressignificando o que ela é.*

Em Maio de 2010, as bolsas de valores dos EUA experimentaram um *crash*, uma súbita perda trilionária nos valores combinados de seus ativos que durou cerca de meia hora. Há um consenso (Kirilenko, 2017) de que um dos maiores fatores para este acontecimento foi a ação de robôs de investimento, programas que controlam operações de compra e venda de ações automaticamente, seguindo uma série de métricas conhecidas. Esses robôs que são capazes de tomar decisões e fazer operações financeiras em milésimos de segundo, agiram coordenadamente, seguindo métricas conhecidas de volatilidade e valoração das ações, causando uma venda massiva e coordenada que causou o *crash*. O acoplamento estrutural destes robôs aos sistemas de ações em busca de uma maior efetividade das próprias transações que operadores humanos faziam levou a uma série de efeitos colaterais, como o *flash crash*, efeitos antes impensáveis no mercado financeiro. Enquanto matemáticos tentam criar modelos que eliminem esse problema, surge a questão: Qual o efeito para operadores financeiros humanos de lidar com robôs capazes de operar mais rápido de que eles conseguem perceber?

Chamayou (2015) analisa os impactos da tecnologia de drones (robôs voadores teleguiados) quando usados em guerras e operações militares. Segundo suas observações, essas armas quebram as lógicas pelas quais os conflitos foram estabelecidos no século XX, pois permitem ao seu operador matar remotamente, transformando a ação do soldado em algo diferente. Assim como o hiperlink permite construir e destacar conteúdos de forma não vista, os drones quando adotados pelas forças armadas, permitiriam a construção de uma nova forma de combate, uma nova forma de poder militar, na qual o antigo ethos militar de um soldado que arrisca sua vida acaba. Os drones afastam os pilotos da presença de seus atos,

transformam os sons e as imagens da guerra em vídeos desfocados e sinais em GPS, transformam o julgamento do soldado em um sinal positivo do comando, retiram até mesmo a fisicalidade de se operar uma arma - o disparo não gera recuos nem barulhos, mas apenas uma imagem, mitigando os sentimentos morais causados por tais ataques. O drone foi construído sobre a infraestrutura das TICs, descritas na seção anterior, e, enquanto precisa das mesmas elas para funcionar, não elimina as consequências dos atos dos soldados, não eliminando a morte nem o possível estresse pós-traumático. O que ele faz é transformar a ação, transformando o seu significado, ao mesmo tempo que permite que novos estilos de operação militar sejam feitos. O uso de drones no policiamento civil (Stanley, 2020) é apenas um reflexo de como esse desenvolvimento tecnológico expande-se para outros usos, uma vez que a tecnologia está estabelecida.

Pariser (2011), analisando como as plataformas de busca e de redes sociais estão focadas na personalização do conteúdo por meio do registro massivo das atividades de seus usuários, criou o termo “Bolha dos Filtros” se referindo à “constante personalização” dos conteúdos na internet, o próprio produto de empresas como a Google. Ele aponta um novo fenômeno derivado dessa personalização, uma bolha semântica que passa a envolver o usuário. A proposta dos filtros e da personalização era de organizar e hierarquizar as informações às quais o usuário teria acesso. Agora, elas também passariam a privá-lo do contato com o diferente, notícias diferentes sobre um mesmo caso seriam escolhidas pelos filtros para definir qual delas apareceria de acordo com o que o usuário deseja ler. O paradoxo era que as mesmas redes sociais estariam criando “um mundo sem privacidade que nos priva do contato”. O conceito de Bolha dos Filtros é bastante controverso, pois se trata de uma extrapolação de apenas uma parte dessas tecnologias, mas entende-se, hoje, que sistemas de recomendação de conteúdos são responsáveis, em parte, pela formação de grupos e identidades na internet, os quais podem levar a formação de identidades em comum (Bäck et. al., 2018), radicalização e potencialização de movimentos sociais extremistas (Davey, Ebner, 2017). Também há claras dinâmicas de conflitos entre comunidades online, que buscam impedir o funcionamento daquelas que são consideradas inimigas ou antagônicas (Kumar, et. al., 2018).

Os filtros são programas de computador, algoritmos desenhados para processar as informações que chegam ao usuário. Essa regulação não se dá apenas nas redes sociais e na comunicação pela internet, mas também passa a se dar em instituições que empregam a

informática para processar dados e extrair informações valiosas e estratégicas. O'Neil (2016) criou o termo *Weapons of Math Destruction* (Armas de Destruição Matemática, WMDs) para se referir a como sistemas de *Big-Data*<sup>25</sup>, ao serem adotados pelas mais diversas empresas, acabam trazendo distorções perigosas dos dados, usando métricas inflexíveis que podem esconder processos decisórios não democráticos e injustos. Uma WMD também pode reproduzir e reforçar discriminações sociais estruturais, como o racismo, que se encontra não só reproduzido em bases de dados de treinamento (Zou e Schiebinger, 2018), mas também escondido nas correlações que são feitas.

Na seção anterior, definiram-se as plataformas, um conceito elusivo de serviços oferecidos por máquinas e empresas de forma distribuída, transformando o serviço em si numa caixa-preta. Nessa seção, procura-se argumentar que esses serviços, ao se tornarem componentes de uma estrutura social, acabam projetando uma série de influências na sociedade como um todo. Até mesmo os mínimos componentes podem gerar limitações, potencialidade, e grandes mudanças no todo. Se a tecnologia é um conjunto ordenado por um fim, qualquer uma de suas partes pode subverter esse fim.

Se Lévy afirma que a tecnologia, por meio do hiperlink, criava algo realmente novo para os seres humanos, pode-se dizer que o hiperlink, que surge de um acoplamento das TICs com a comunicação, não está sozinho. Esse acoplamento é uma via de mão dupla, que pode gerar uma série de efeitos imprevistos vindos, também, das estruturas internas da tecnologia, dos sistemas que se escondem dentro da **caixa-preta**, que escapam de seu fechamento operacional. Seria possível, ou produtivo, criar uma ampla taxonomia e classificar todos efeitos? Talvez esse seja um processo contraproducente.

O *bug do milênio*, discutido na seção anterior, não foi um problema que se concretizou, mas mostra uma possível instância desse escape. A forma como os dados estavam sendo registrados dentro das TICs gerou uma limitação intrínseca à tecnologia, que poderia trazer efeitos catastróficos para o sistema como um todo. Se o *bug* não foi uma catástrofe, há alguns outros casos que ilustram como um problema de dentro de uma caixa-preta, um *bug*, pode ser generalizado e impactar o ambiente como um todo, tornando-se um *exploit*, uma forma de se escapar dos limites operacionais das máquinas.

O Stuxnet é um *worm* encontrado em controladores industriais em 2010, um vírus de computador capaz de se propagar autonomamente, por meio de falhas desses sistemas. Esse

25 Sistemas de análise de dados em larga escala.

programa de computador possuía duas rotinas principais, a primeira explorava fraquezas conhecidas mas não divulgadas nos sistemas que visava para se propagar autonomamente, e uma segunda que alterava as suas rotinas, criando uma rota para o envio de comandos externos (Langner, 2013). Considerando a complexidade do Stuxnet e a sua prevalência no Irã, supõe-se que ele foi desenvolvido como uma “ciber-armá”, desenhada especificamente para atacar o programa nuclear iraniano, já que ele poderia ser usado para destruir a centrífugas usadas no processo de enriquecimento de urânio, fazendo com que a pressão interna no componente aumentasse catastroficamente (Zetter, 2014).

O que o Stuxnet exemplifica é justamente como os subsistemas dentro escapar dos limites definidos pelas caixas-pretas. Ele mostra dois planos de como isso é possível, e o primeiro está na sua forma de se espalhar. *Worms* são programas de computador que são capazes de se reproduzir e se espalhar, e o seu exemplo mais simples seria uma configuração para a máquina universal de Turing que constantemente escreva o próprio código na sua fita/memória. A sua complexidade ocorre em sistemas de computadores modernos, nas quais se torna necessário contornar limitações impostas por sistemas operacionais e pela comunicação em redes, exigindo encontrar *exploits*, formas de se explorar os sistemas não previstas pelos seus desenvolvedores. Pode-se mencionar o recente caso do *worm* WannaCry, que infectou e bloqueou o uso de centenas de milhares de computadores em apenas um dia usando um *exploit* mantido em segredo nos sistemas operacionais, causando danos às infraestruturas de diversas instituições ao redor do mundo na casa de centenas de bilhões de dólares (Berr, 2017). Isso mostra como uma pequena parte de uma tecnologia, uma que não necessariamente é acessível por suas entradas e saídas padrões, tão pouco compreendida por seus usuários e desenvolvedores, também pode causar uma disrupção em toda sua estrutura, ameaçando-a como um todo.

O segundo plano de fuga dos subsistemas ilustrado pelo Stuxnet é que um *exploit* em uma tecnologia pode ser usado para afetar uma outra tecnologia nela acoplada. Os controladores controlados pelo *worm* poderiam destruir fisicamente as centrífugas do programa nuclear iraniano. Uma caixa-preta possui limites operacionais para além de suas entradas e saídas. Ocorre que um *exploit* em uma caixa-preta pode fazê-la desrespeitar os limites de uma outra caixa-preta acoplada à ela.

Se um programa de computador faz, como já imaginava Ada Lovelace, aquilo que ele é programado para fazer, os exemplos anteriores argumentam que a complexidade dos

programas e suas iterações com outros, seus acoplamentos tanto estruturais quanto funcionais, ao formar um sistema, levam a uma série de efeitos colaterais e, também, a aberturas para funcionamentos imprevistos. Os sistemas não estão presos nas caixas-pretas que os circundam, e aqueles que controlam o seu desenho e conhecem seus *exploits* possuem uma vantagem sobre os outros<sup>26</sup>.

## 2.4 Uma Cidadania Digital numa Sociedade da Informação

Foucault (1987) argumenta que há uma relação siamesa entre as sociedades e suas instituições, os seus discursos tidos como verdadeiros e as suas suas relações de poder. Ao descrever o nascimento da prisão, ele demonstra como essa nova instituição representa uma mudança na lógica social, que passava a se basear no disciplinamento, no controle dos espaços, dos tempos, e na docilização dos seus cidadãos, que não seriam mais controlados por meio do medo da força do governante (sistema da soberania), mas internalizariam as regras sociais como uma nova forma de convivência. Isso não deve ser visto como um plano subitamente implementado a partir da visão de um indivíduo ou uma tecnologia, mas uma lenta incorporação de saberes e técnicas aliados ao desenvolvimento de tecnologias e construção de infraestruturas que permitam que eles sejam usados socialmente em larga escala. Sua análise também cobre outras áreas da sociedade, incluindo a medicina, e os seus principais pontos são trazidos pelo comentário de Nikolas Rose sobre "O Nascimento da Clínica":

“O livro traz uma lição metodológica: a mudança epistemológica, ontológica e técnica na percepção acerca da medicina no início do século XIX se fez por meio de interconexões de mudanças em uma série de dimensões, algumas das quais seriam, a princípio, um tanto distantes da medicina. Elas incluem mudanças nas leis e práticas de assistência, mudanças nas organizações da profissão e da pedagogia da medicina, novas formas de registros hospitalares que permitiam a produção de novos tipos de estatísticas de morbidade e mortalidade, anatomia patológica e necropsias de pacientes, e assim por diante.”  
(Rose, 2007, trad. própria, pg. 9)

Ao levar em conta o que Foucault e Rose pontuam ao se pensar na sociedade da informação, é necessário observar a ascensão desse modelo social como um todo, mapeando as mudanças nas práticas sociais e os meios pelos quais elas são trazidas conjuntamente com

26 Pode-se argumentar que um exploit será determinístico, isso é, que uma construção de um sistema de computadores vai gerar um número limitado de caminhos inusitados para se agir nele. Isso ainda teria que ser provado.

os próprios sistemas que as fomentam. Se a teoria da computação determina um modelo de máquina universal e a sua história demonstra a sua construção como um sistema cada vez mais eficiente e poderoso, ela possui um impacto porque muda a infraestrutura social, primeiro como uma indústria da computação, hoje como o **info-capitalismo** e suas plataformas. A adoção de tecnologias vão alterando as infraestrutura sociais, os modos de se fazer das relações sociais. É a partir desse impacto que se entenderá o papel da tecnologia na escola, mas, talvez, a simples catalogação de fenômenos educacionais emergentes seja insuficiente para se pensar uma educação que contemple a cidadania, as competências e os saberes necessários para se viver na sociedade da informação.

Neste momento dessa tese, o *digital divide* toma uma outra forma. Ele não é mais sobre as diferentes gerações e o seu contato com a tecnologia, nem sobre o acesso aos espaços digitais. Ele não se trata mais apenas da distribuição desigual do conhecimento sobre como operar as caixas-pretas e modificá-las, nem apenas ao acesso a elas, mas se torna referente também a reorganização das estruturas sociais, possibilitadas pelas TICs e a “efeitos colaterais” (além dos *bugs* e *exploits*) que elas trazem. O *digital divide* é, nesse sentido, uma barreira epistemológica, ou seja, uma barreira sobre a própria definição do seu objeto de conhecimento. Isso acontece porque os fenômenos da aplicação dessas tecnologias são emergentes, imprevisíveis diante apenas da infraestrutura digital e, pela sua natureza computacional, são flexíveis, sendo facilmente alterados. O problema é: como a educação deve entender essa infraestrutura e suas produções?

Na primeira seção, o ano de 2010 foi apresentado como um marco na história da humanidade, pois uma série de movimentos de redes se espalharam pelo globo organizadas a partir das redes sociais. A partir de então, as TICs alcançaram um status de infraestrutura social, se tornaram um ciberespaço onde as pessoas coabitam, e no qual as disputas políticas se desdobram, permitindo, inicialmente, uma “mobilização, sem coordenação central, mas com propósito comum, geralmente em pedir ou forçar a renúncia de governos ou líderes governamentais”, baseadas no fenômeno de autocomunicação em massa (Castells, 2009).

Se, por um lado, a internet foi o palco da mobilização de um número de movimentos sociais, como a Primavera Árabe, as Jornadas de Junho de 2013 no Brasil, os protestos dos Guarda-Chuvas Amarelos em Hong Kong em 2014 e a ocupação das escolas no Brasil em 2016, logo se veria uma complexificação desses movimentos com a entrada de novos agentes mobilizadores no ciberespaço. As comunidades virtuais são ambientes dinâmicos e diversos,

que necessitam de uma administração própria e acabam desenvolvendo tanto culturas, quanto modos de governança. O que ocorre no acoplamento da internet aos movimentos sociais e à política como um todo, permitido pela ampliação do acesso à internet e da adoção das redes sociais, o processo que Castells (2006) chama de dupla convergência entre tecnologia e política, é que as suas próprias lógicas internas também passam a ser mudadas. As plataformas ganharam um poder sem precedentes de influenciar a política, como fica claro no caso legal do marketing dirigido empregado na campanha pela saída do Reino Unido da União Europeia em 2016, o chamado Brexit, onde milhões de libras foram gastas com o marketing direcionado, com táticas controversas de uso de dados pessoais por empresas como a Cambridge Analytica e Aggregate IQ (Cadwalladr, 2018). As próprias estruturas das plataformas, ao se tornarem centros de interação humana, acabam sendo usadas por grupos antidemocráticos e extremistas, que chegam a organizar, usando as estratégias dos movimentos de rede, tomadas de sites, campanhas de ataques pessoais e até organizar movimentos políticos fascistas e xenófobos (Davey, Ebner, 2017).

A grande discussão nesse casamento tem a ver com questões de responsabilidade legal e ética. Quando um novo fenômeno emerge, quem é o responsável pelas consequências? No caso apontado, quem é o responsável pelo uso antidemocrático das redes sociais? Ainda mais quando não há leis específicas que cubram os problemas. O caso do genocídio Rohingya em 2018, no qual 25 mil pessoas pertencentes à etnia Rohingya foram assassinadas e outras 650 mil fugiram de Mianmar para se refugiar Bagladesh, foi notoriamente inflamado por *posts* em redes sociais de notícias falsas, que se beneficiaram dos mesmos algoritmos de personalização de conteúdo e marketing direcionado dessas plataformas, incentivando e acobertando o genocídio, e até gerando um efeito de bolha ideológica que pode ser chamado de pós-verdade (Siddiquee, 2020). Como os sistemas legais devem lidar com a possibilidade da infraestrutura de rede ser usada para fins genocidas? Como os desenvolvedores devem criar seus projetos para que não exista esse risco? Como os usuários devem usar a rede para evitar esse tipo de crime, usando-a, na verdade, de forma a promover uma cidade mais pacífica e justa?

Pode-se relacionar o acesso à internet com a construção de ferrovias e rodovias. Uma vez instaladas, uma vez feito o investimento inicial, esses meios de locomoção mudam a vida, mudam a forma de se organizar das comunidades pelas quais eles passam. Pessoas podem usar trens e carros para se deslocar mais rapidamente e, em um determinado momento, uma massa crítica é alcançada, e esses meios de transporte passam a ser necessários para a maioria

da população realizar suas ações cotidianas. Eventualmente, novos agentes passam a usar essa infraestrutura para se inserir nas relações sociais. A sociedade pode atuar, seja buscando regulamentar ou proibir a tecnologia, ou deixando que o seu desenvolvimento ocorra movido por interesses econômicos ou estratégicos, mas deve-se destacar que é a infraestrutura de uma nova tecnologia que permite novos fazeres. Não foi à toa que uma das estratégias do movimento Occupy Wall Street de 2011, uma ocupação no distrito financeiro Wall Street por ativistas protestando contra a grande desigualdade econômica, incluía a instalação de pontos de acesso à internet, por meio dos quais garantia-se que o movimento poderia gerar, autonomamente, suas próprias informações e publicá-las (Kessler, 2011). Uma resposta padrão de governos autoritários frente a movimentos sociais em rede tem sido a censura e o desligamento da internet, mas, uma vez que se adotou uma tecnologia, é possível reverter e deixá-la para trás?

Essa não é uma questão simples, pois o mundo de possibilidades trazidos por uma tecnologia tão flexível quanto os computadores e suas redes passa por um processo de “granularização”, observado em sua miniaturização, potencialização e popularização, que permite uma infiltração nos menores processos sociais. Nesse aspecto, volta-se a Nikolas Rose (2007), em suas observações sobre o desenvolvimento das tecnologias farmacêuticas, afirma que se cria “um olhar molecular e um controle molar”. A descoberta de uma simples molécula, como a penicilina, torna tratáveis doenças devastadoras, como a sífilis e alguns tipos de meningite. A descoberta do processo de vacinação permitiu que as sociedades erradiquem, ou controlem a disseminação, de doenças sem tratamento eficaz, como a varíola e a poliomielite. Medicamentos antidepressivos, nootrópicos e a edição genética pela técnica CRISPr são outros exemplos, mas está na ficção, na distopia do livro Admirável Mundo Novo (Huxley, 2009) um dos exemplos mais claros do poder que uma molécula tem para formar sistemas sociais está descrito nesse livro, no qual seres humanos recebem sua classe social ainda quando embriões. Eles recebem doses de etanol durante a gestação para prejudicar o seu desenvolvimento cognitivo, aqueles que recebem mais doses são encaminhados para trabalhos braçais, enquanto os que recebem menos desempenham trabalhos intelectuais. A sociedade fictícia também emprega o Soma, uma droga psicotrópica, consumida diariamente pelos seus habitantes para a promoção do bem-estar e de sua saúde mental, se tornando uma das bases do seu sistema. As duas moléculas, o etanol e o Soma, permitem a criação de sistemas de controle populacional, e são insumos, produzidos industrialmente, aplicados de maneira

controlada por meio de técnicas logísticas. Castells (2009) também faz uma observação similar sobre as TICs, afirmando que micro-mudanças geram macro-mudanças.

O que Nikolas Rose traz para essa discussão é o seu argumento de que a biotecnologia, ou "a capacidade de controlar, administrar, projetar, remodelar e modular as próprias capacidades vitais dos seres humanos como seres vivos [...] é a política da vida em si mesma", afirmando que o debate acerca delas deve incluir tanto o que existe concretamente, assim como as significações que existem e que são difundidas sobre elas e também as especulações futuras sobre o que essas tecnologias trarão. Isso porque o plano social do seu uso não é simples. Não é a mera adoção, mas inclui a produção, a distribuição, assim como as significações dessa adoção que se retroalimentam. Nesse sentido, resta fazer uma breve reflexão sobre o significado social de todos os fenômenos emergentes citados na seção anterior, assim como retomar o tema central dessa tese, o impacto das TICs na educação.

Morozov (2018) traz o conceito de "regulação algorítmica" como mais um plano para esta fronteira. Esse termo representa um consenso apresentado por Pariser (2011), O'Neil (2016) e Lessig (2004) sobre um impacto que o funcionamento das plataformas possuem sobre seus usos. Elas não são meros lugares no ciberespaço, pois tem regras próprias, um design projetado, são uma arquitetura específica, um conjunto de partes criado com um propósito. Na perspectiva do info-capitalismo, as plataformas são capazes de coletar dados em velocidade e volume sem precedentes, quanto mais dados de mais usuários captarem e produzirem, maior o seu valor. O *Big-Data* é o campo de conhecimento que estuda como realizar essa coleta e esse processamento em larga escala, de modo a extrair informações úteis de um grande conjunto de dados. Nesse sentido, as plataformas se tornam uma ferramenta que investiga o mundo na mesma medida que o regula, elas permitem acompanhar o impacto de suas mudanças em tempo real (O'Neil 2016). Há outras perspectivas possíveis, mas essa mostra que a complexificação e o aumento do poder das plataformas está relacionado à quantidade de elementos que elas começam a intermediar na sociedade.

É importante traçar uma fronteira entre a biotecnologia de Rose e as TICs. Se, para Rose, a biologia humana está se encaminhando para uma compreensão em nível molecular, não se pode afirmar o mesmo sobre a "regulação algorítmica" na Sociedade da Informação. Em primeiro lugar, porque ela possui um domínio epistêmico diferente. O **info-capitalismo** pode tratar da informação, gerada e processada muito rapidamente, mas essa informação possui um valor justamente por ter uma utilidade. Ela carrega a promessa de um

conhecimento simulacional (Lévy, 1997), no qual uma quantidade grande de dados pode ser usada para encontrar modelos de correlação confiáveis, que sirvam para tomar certas decisões (Anderson, 2008). Esse tipo de conhecimento abre mão de encontrar a causalidade, de reduzir os fenômenos, pois diferentes modelos podem ser testados e mantêm sua validade enquanto preverem um fenômeno, enquanto "acertarem". A proposta da biotecnologia é uma correlação (uma molécula, um resultado), enquanto a das TICs é a retroalimentação (acompanhamento imediato de processos). Apesar de serem domínios tão diferentes, os dois permitem que "os seres humanos se experienciam em novas maneiras" (Rose, 2007), adentrando os fazeres e nas próprias concepções. Eles se granularizam, se espalham e penetram na sociedade como um todo.

Apesar de ter listado alguns fenômenos emergentes da Sociedade da Informação, não é de interesse deste trabalho trabalhar com uma noção reducionista, de apontar para estes fenômenos como bases para se pensar em competências para o ensino, para uma formação cidadã em uma sociedade da informação. Eles devem ser vistos como emergências, novas articulações feitas a partir de fenômenos anteriores e, muitas vezes, invisíveis, tornando um tanto fútil a proposta do ensino de uma "competência tecnológica" que seria necessária para se exercer plenamente a cidadania neste mundo. Plataformas mudam, novos serviços são oferecidos, e há um descolamento entre o funcionamento das estruturas e os seus efeitos sociais. Há nessa proposta uma concepção de estabilização, de que as emergências irão se acomodar, assentando-se em formas que serão usadas hoje e amanhã, gerando novos costumes que se estabelecerão como uma norma de gerações porvir. No Brasil, marcos legais como o Marco Civil da Internet, de 2013, e a LGPD, de 2018, regulamentam algumas das responsabilidades legais pelo uso das redes, em uma certa concordância com outros marcos legais ao redor do mundo, gerando a necessidade de novos profissionais de informática com especialização em segurança de dados (Araújo e Calcini, 2020). A expansão da EaD junto com a expansão das universidades brasileiras (principalmente no modelo *for profit*) (Giolo, 2018) e também como ERE durante a pandemia do COVID-19 (Behar, 2020), gerando um novo modelo de educação que causa uma disrupção nas instituições tradicionais. A adoção quase imediata do aplicativo Whatsapp no setor de serviços, como uma forma de intermediar o trabalhador com seus clientes. A criação de uma disputa internacional em relação à adoção das tecnologias 5G, que se dá simultaneamente em um nível econômico, político (Brake, 2018) e cultural (Morozov, 2020a). Todos esses novos fenômenos, que ocorrem durante a

escrita dessa tese, representam novos acoplamentos (legal, profissional, geopolítico) sobre as infraestruturas da internet e suas plataformas, indicando que as TICs não se validam apenas por oferecer uma ferramenta, um meio, mas são um campo por onde os fazeres humanos se espalham.

Dessa forma, pensar no digital divide como um problema da "competência tecnológica" torna-se controverso. Se as TICs são um complexo de um número cada vez maior de sistemas em funcionamento, coordenados, mas cada vez mais distantes fisicamente e estruturalmente, até mesmo os seus projetistas acabam não entendendo completamente o seu funcionamento. A **caixa-preta** não é mais um modelo de um sistema fechado, mas de uma interface que permite trabalhar com um desconhecido, pois, ao saber como ela se comporta em uma condição normal, é possível usá-la como um bloco de construção. Engenheiros, programadores e projetistas estão acostumados no seu fazer a lidar com bibliotecas, chamadas de sistema e outros tipos de interfaces que escondem algo, seja por limitações nos modelos científicos, por não haver tempo para testes mais amplos, ou mesmo por questões legais, segredos industriais e patentes. A prototipação de qualquer sistema, a implementação e observação de seu comportamento em funcionamento, é essencial por corporificar o sistema e suas caixas-pretas, e observá-las justamente nas suas condições normais (e, em caso de aplicações mais rigorosas, condições limites) de trabalho. Mas quanto ao usuário, o que essa **caixa-preta** significa?

A tecnologia não é um fazer transparente, anárquico, feito de unidades autônomas. As sociedades precisam criar modos de implementá-la, desenvolvê-la e administrá-la, e, enquanto a incorporam, também são modificadas por ela. Ela possui um **funcionamento**, ela estende a capacidade humana. As TICs, seja por meio de um software sendo executado em um computador ou por meio de uma plataforma acessada em rede, permitem que o ser humano crie diversas aplicações como programas responsivos, simulações, animações complexas, escrever na hipermídia, sobrepor informações sobre imagens do mundo real, se comunicar instantaneamente, tudo isso a um custo praticamente zero, abrindo novos meios de se relacionar com outras pessoas e compartilhar sua vida. Por trás desse funcionamento, há processos, também **caixas-pretas** que, na perspectiva do usuário, são um conjunto de serviços cuja maior parte de seu funcionamento é invisível. Nesse sentido, a caixa-preta parece ser habitada por entidades que passarão a ser chamadas de **daemons** (Cardoso, 2017). Esse termo

é escolhido como referência aos serviços do sistema operacional Linux<sup>27</sup>, denotando que são processos em execução que não interagem diretamente com o usuário, e oferecem serviços para outros processos, mas também como referência a um elemento da filosofia de Platão, um intermediário invisível que "transmite aos deuses o que vem dos homens, e aos homens o que vem dos deuses" (ibidem), uma figura "intersticial que não pertence a nenhum mundo, mas vive em suas lacunas, nos pontos de comunicação, onde media e controla as passagens e permite que as diferenças sejam articuladas" (ibidem). Essa figura é um espírito, um gênio, que garante que os desejos do usuário do sistema serão cumpridos, levando seus inputs pela complexa rede de elementos tecnológicos até que a função seja cumprida. O **daemon** é "este pequeno governador que, como um político, intercepta e redireciona os fluxos, centraliza os feixes em um ponto único de decisão e que, enfim, constitui uma interface" (ibidem), e esse termo também denota que ele possui uma "vontade". Habitando uma miríade de interfaces internas, o **daemon** escapa daquilo que a **caixa-preta** serviu para modelar, ele não é um sistema de isolamento de inputs e outputs, programas travam, a internet cai, o gesto não é reconhecido pela tela sensível ao toque, há uma atualização a ser feita e o sistema não pode prosseguir enquanto ela não for feita. Há uma entidade que habita a máquina e nem sempre ela está de bom humor, e o usuário não é o seu único mestre. A coleta de dados intrusiva, a vigilância, a criação de perfis do usuário, são todos serviços feitos pelos **daemons**, que também servem às plataformas.

A sociedade da informação é um mundo habitado por demônios, no qual uma explosão de novas funcionalidades e novas capacidades aparecem ligadas ao uso das TICs. A experiência é bastante difundida, uma nova plataforma surge, algumas pessoas as adotam, por curiosidade ou funcionalidade, porque seus amigos e familiares estão nela, porque algum colega a usa num trabalho. Adotar uma plataforma é conhecer alguns de seus **daemons** mais usuais e ser seduzido pelas riquezas que eles tem a oferecer. Agora, o que acontece quando um sistema social começa a depender de um **daemon**?

Sejam por meio de segredos industriais ou patentes, a lógica da propriedade intelectual sempre acompanhou a indústria. Para ganhar uma vantagem e evitar a concorrência, empresas costumam esconder ou garantir uma exclusividade legal dos meios pelos quais produzem. Há tratados e leis que tentam regular patentes internacionalmente, mas essa desigualdade de

27 Um exemplo de um programa de computador que é um daemon é o Udisk, que faz o reconhecimento automático de discos e unidades de armazenamento para o sistema operacional, permitindo, por exemplo, o reconhecimento automático de pendrives.

conhecimento é uma grande parte do sistema, uma vez que sabendo o processo, bastaria reproduzi-lo. Não apenas isso, mas, acredita-se, que há um certo pacto do usuário com os seus **daemons**, já que tomam os seus serviços como certos e garantidos. Apenas quando o pacto começa a apresentar problemas, a existência do **daemon** se torna visível.

Neste capítulo, o conceito de *digital divide* foi reinterpretado como uma forma de poder sobre o conhecimento. Há uma dicotomia entre quem constrói as infraestruturas tecnológicas e quem as usa, e a tecnologia, como lugar de encontro entre essas duas entidades, se torna um plano, um espaço social, que possui seu valor enquanto agiliza e permite ações novas ou mais eficientes, assim como novas atividades econômicas. Enquanto não oferece resistências, a tecnologia vai se tornando aceita, sendo internalizada na sociedade, tornando-se vital, enquanto seus **daemons** se espalham, e novos fenômenos emergem. Tentativas de se regular esse movimento podem ser bem-sucedidos, mas também são novas tecnologias, novos **daemons**, que são inseridos na trama social.

O conceito inicial de digital divide era um conceito geracional, indicando um problema causado por uma súbita mudança na sociedade que irá se estabilizar e, eventualmente, se resolver. Propõe-se que a inovação tecnológica é um campo muito mais vivo, é uma ampliação dos fazeres humanos, mas que também não se dá sobre uma simples ampliação, que ligue a tecnologia ao fazer, mas justamente sobre uma dicotomia entre essas duas partes. Pensar, então, em como a tecnologia deve ser tratada dentro da educação requer novas análises, e, na próxima seção, será lançado um olhar sobre o desenvolvimento da tecnologia e a aprendizagem.

### 3. A Invenção, e a Tecnologia a Partir da Cognição

No capítulo anterior, foi explorado como o desenvolvimento tecnológico se tornou um paradigma da Sociedade da Informação. Resta explorar como esse desenvolvimento acontece, como ocorre a invenção de uma nova tecnologia.

Um filhote de girafa é capaz de correr e se esconder de predadores algumas poucas horas após nascer. Já uma criança humana começa a caminhar apenas um ano depois. Sem os cuidados, a vigilância e a educação de um adulto ela provavelmente não será capaz de sobreviver até chegar a vida adulta. De uma forma simples, a educação faz parte das estratégias evolutivas do ser humano, e ela traz uma surpresa. A criança eventualmente tem que aprender a caminhar, ela deve construir um modo para fazê-lo, aprendendo a coordenar seus músculos e seus sentidos. Ela tem que inventar um modo de caminhar, algo que, para ela na sua individualidade, é algo novo. Do ponto de vista individual, a invenção é o mesmo fenômeno na caminhada do bebê e na criação de uma tecnologia pelo adulto, assim como um contínuo da adaptação biológica.

No primeiro capítulo, o conceito de tecnologia foi trazido como sendo de uma classe de objetos que são construídos para um fim. Se têm um fim, eles são, então, usados como extensões do corpo. Assim, galinhas ingerem pequenas pedras para moer alimentos com suas moelas, macacos usam palitos para retirar cupins de seus ninhos, corvos são capazes de construir mecanismos usando diferentes tipos de materiais (Bayern et al., 2018) e até fenômenos como o deslocamento da água para alcançar um alimento. Enquanto os animais são capazes de utilizar objetos para um determinado fim, a humanidade reconhece, em si, a capacidade de sistematicamente criar a tecnologia, num crescente acumulativo (algo discutível, mas claro).

Cada cultura humana possui um conjunto de tecnologias que é capaz de arregimentar e usar. No exemplo do fogo, se vê que, uma vez dominado o fogo, o ser humano criou uma série de formas para acendê-lo, a fricção, a **pederneira**, o fósforo. Há um senso de desenvolvimento da tecnologia, já que cada forma parece ser mais prática que a anterior, mas também há um senso de temporalidade em cada uma delas. Um povo pré-industrial não possuiria a capacidade de produzir fósforos para usá-los como uma forma confiável de produzir fogo, assim como uma pequena tribo provavelmente não teria meios confiáveis de adquirir lã, óleo, aço e sílex para que todos seus membros tenham pederneiras.

Nesta seção, o olhar será desviado da sociedade e para se centrar no ser humano. Inventar uma tecnologia é utilizar, aplicar os fenômenos da natureza, dispor objetos, organizar sistemas para um determinado fim. Se os animais sabem instintivamente como usar certos objetos externos de seu corpo, o ser humano possui uma excelência à parte nessa função. Todos seres humanos vão, aos poucos, inventando suas próprias tecnologias no decorrer de suas vidas, a tecnologia é uma extensão de sua mente. A invenção é a capacidade de olhar para um conjunto de materiais e combiná-los para um fim e, para continuar a discussão sobre a crise da sociedade da informação, será necessário descrever um modelo de como ela ocorre.

### 3.1. O Desenvolvimento Cognitivo

O corte mais famoso da história do cinema é do filme 2001: Uma Odisseia no Espaço (Kubrick, 1968). Na ficção, um grupo de hominídeos pré-históricos é expulso de sua morada e acaba encontrando um estranho monolito em suas andanças. O encontro (esboçado na figura 9) os transforma, os inspira, e logo descobrem que podem usar ossos de animais como clavas. Após essa invenção, eles se tornam carnívoros, adotam uma postura mais bípede e expulsam os invasores. Exultante com a vitória, um dos hominídeos dança e joga sua arma para cima, gerando um rápido corte que interpõe o osso girando pelos ares e um satélite orbitando a Terra, transpondo a narrativa por centenas de milhares de anos para o futuro.

*Fig. 9: No filme 2001, o encontro com o monolito transforma os antepassados humanos, tornam-se bípedes e aprendem a usar ferramentas*



*Fonte: Produção Própria*

Essa sobreposição consegue convir uma série de significados superimpondo imagens tão díspares quanto um osso e um satélite, talvez porque os dois objetos podem ser chamados de tecnologia. Pela influência do misterioso monolito, a humanidade passou por uma

mudança fundamental e se tornou capaz de descobrir e inventar. Essa mudança é representada pela capacidade do homínido não só em usar uma arma, mas também de ensinar o seu uso aos seus pares. Armada, a tribo se tornou mestra de seu território. Com um satélite, a humanidade se tornou mestra do planeta.

O corte nos ilustra um fenômeno: a cognição se complexifica. Isso é facilmente observável, bastando olhar para uma criança que está aprendendo a falar. Do choro à conquista das primeiras palavras, das formas linguísticas típicas da criança à possibilidade da fala formal, é muito claro que há um desenvolvimento. A cognição, é claro, deve ser vista como uma função de origem biológica que acompanhou a história evolutiva dos seres vivos<sup>28</sup>. À medida em que as espécies foram mudando, ela foi encontrando novas formas de se expressar. Animais também possuem inteligência, cognição e inventividade, apesar de não chegarem próximo à capacidade do ser humano.

Se a inteligência for vista como uma função biológica, um trabalho de especial interesse para esta tese é o de Jean Piaget, conhecido como Epistemologia Genética. O projeto piagetiano buscou compreender a origem biológica da inteligência, propondo uma forma de explicar o que é aprender à luz das ciências biológicas e psicológicas, teorizando um contínuo entre a cognição e o processo de evolução (adaptação) da vida.

Neste sentido, é necessário começar com a conceituação de que a vida biológica é uma organização, ou seja, é uma estrutura adaptada ao meio que é capaz de manter sua existência por meio de um processo de adaptação. Se não houver adaptação, a organização se perde, a continuidade do organismo se extingue. A história biológica é uma na qual as espécies parecem ser capazes de “construir materialmente novas formas para inseri-las no mundo” (Piaget, 1996) que se mantém hereditariamente, o que pode ser visto no processo de evolução das espécies. Assim, a evolução é uma contínua organização e sua transformação a partir da adaptação de pressões do meio, um efeito que ocorre tanto em um nível macro (a diversidade das espécies) como num nível micro, do desenvolvimento de cada organismo vivo (mutação e seleção natural) e da capacidade do próprio organismo de responder a mudanças no meio. Este último ponto não deve ser lido como uma afirmação Lamarckiana, pois se refere a resiliência, as estratégias comportamentais e sociais, as competições e limitações ambientais,

28 Dizer que a inteligência é biológica e se complexifica não deve ser entendido como uma defesa de um positivismo biológico, no sentido de que os animais vão “se tornando melhores” até alcançar o ser humano. As pressões evolutivas não são uma função da inteligência, mas da adaptação ao seu meio e suas mudanças e na capacidade de ser bem-sucedido. Animais possuem capacidades limitadas de invenção, mas, até onde se saiba, nada impede que venham a desenvolver capacidades como as humanas, ou até mesmo superiores.

além da inteligência do animal, não como a impressão de pressões ambientais no fenótipo.

A inteligência animal seria a capacidade de adaptar-se ao mundo exterior por meio do seu comportamento e, assim como a estrutura física dos animais muda com o tempo, também há uma história e construção de novas formas necessárias para manter a organização em adaptação. Ao contrário do que representa o filme 2001, a inteligência não é um súbito momento de inspiração que alterou completamente uma espécie, mas uma extensão intrageracional da adaptação que é o próprio processo evolutivo. Os animais partem de atos reflexos, inscritos geneticamente, e foram lentamente dotando-os de uma capacidade de se complexificar e alterar, e até de incorporar novos comportamentos. Uma bactéria pode ser capaz de se locomover em busca de um maior gradiente de uma substância ativando cílios em sua membrana celular, enquanto um animal mamífero (bem mais complexo), ao caminhar, precisa ativar, de maneira coordenada, uma série de células musculares, sendo capaz de compensar diferenças alterações de tamanho em seus membros, desníveis de um ambiente, e encontrar o seu objetivo usando complexas representações ambientais de cheiro e imagem. Eventualmente, a inteligência animal ganha uma extensão intergeracional, se torna capaz não só de compensar, mas de aprender e ensinar, e a cognição se descola da simples evolução genética, criando um espaço próprio de evolução. Apesar desta ser uma afirmação controversa, muitos animais parecem possuir uma certa capacidade cultural própria, similar a dos seres humanos, sendo capazes de transmitir comportamentos de uns aos outros. Diante desse complexo sistema cognitivo, a maior questão é sobre a sua formação em um animal individual: como ele aprende?

Há uma dicotomia clássica sobre como o conhecimento é gerado. A primeira, de duas hipóteses, é a de que o conhecimento seria puramente empírico, que ele nasce de uma inscrição direta do mundo sobre a mente. Assim, ao observar o mundo e agir sobre ele, as relações vão sendo internalizadas. Quando um ser humano observa um predador devorando sua presa, ele aprende que o animal é perigoso. Quando o físico observa uma maçã caindo no chão, ele entende que os objetos são puxados para a Terra. O que está na natureza é impresso no cérebro, e o ensino seria apenas um atalho, permitindo passar as impressões sem exposição às experiências específicas.

Essa posição é contraposta com a hipótese de que o conhecimento seria puramente ideal, nascendo da mente trabalhando sobre ela mesma. Nem todo físico que observa a maçã caindo no chão dirá apenas que os objetos são puxados para a Terra, alguns deles podem

propor uma força de atração entre a matéria e desenvolver uma teoria geral de gravitação. A estrutura do cérebro gera padrões que podem ser usados para ler o mundo. Assim, a aprendizagem seria tanto propiciar essa geração, quanto a seleção do que é gerado na mente.

As duas hipóteses são radicalmente opostas, dando origem a uma terceira possibilidade quando se toma o empírico e o ideal não como dois lados opostos de uma fronteira, mas como polos solidários de um movimento histórico. A mente se alimenta por meio da empiria, mas essa passagem se dá por diferentes de formas, exigindo organizações específicas para não só dar uma significação ao que está observando, mas também para projetar outras significações sobre essa observação. A organização não se refere apenas a uma forma, a disposição de elementos, mas ela também se refere às regras que possam gerir essa organização, que podem ser limitadas e diferentes entre indivíduos. Deve-se lançar um olhar mais atento não para o conhecimento em si, mas para como o conhecimento é a construção de novas formas de ver o mundo.

Uma parte central dos estudos da epistemologia genética se concentram na passagem da inteligência sensório-motora, que meramente organiza a percepção e permite que o animal aja sobre o mundo ao seu redor, para uma inteligência formal, que não só organiza, mas que também permite que sejam feitas operações<sup>29</sup> internas que permitem a previsão, a criação de modelos, a argumentação. É uma “epigênese construtora que conduz, entre outras, das coordenações sensório-motoras às operações lógico matemáticas” (Piaget, 1996). Essa é uma história que acontece com cada inteligência, é uma história de uma organização que se adapta e se constrói, que se torna mais complexa e abrangente com o tempo.

Nesta perspectiva, a empiria não é um processo puro, de passagem ou inscrição da realidade na mente, mas um processo de assimilação. Seu paralelo biológico é a alimentação (Piaget, 1987), um animal não consome um alimento puro, mas o faz por um processo de digestão que transforma o alimento, separa seus componentes absorve aquilo que pode ser integrado ao corpo, evacuando o resto. A assimilação é um conceito que parte de estrutura cognitiva em ação, é algo maior do que uma simples interpretação do mundo, ou identificação de um objeto, pois envolve também a ação do indivíduo. Um bebê, por exemplo, possui um esquema de assimilação no seu reflexo de mamar. Um adulto coordena vários esquemas ao cozinhar seu almoço, ao ler um livro, ao escrever uma tese. Cada uma dessas ações

29 Uma operação é uma ação internalizada, que pode ser compreendida por meio da estrutura de esquemas e suas coordenações. Elas são necessariamente reversíveis e produzem leis de composição próprias surgidas (Montanegro e Maurice-Neville, 1998), definindo não uma, mas um campo ações possíveis.

decompõem o mundo no qual o sujeito se insere em uma série de ações.

Processo complementar e solidário à assimilação é a acomodação. Nenhuma assimilação é completa, ou seja, toda assimilação carece de ajustes, coordenações, e traz uma “resposta do mundo”. Seja a compensação mecânica do movimento do bebê ao mover sua boca ao mamar, seja as limitações de conhecimento do adulto que escreve uma tese (que lhe força a pesquisar mais), a acomodação representa os desvios que qualquer ação tem que passar para alcançar seu objetivo, e pode ser a fonte de novos esquemas de assimilação (através de suas coordenações). O reflexo de mamar será decomposto em uma série de diferentes movimentos do bebê, e depois será recomposto em outras ações.

É possível enxergar um movimento de assimilação-acomodação isolado, mas o adulto normalmente estará imerso em uma gama de ações simultâneas, exigindo a coordenação de diferentes esquemas. Ocorre, aqui, a desequilibração, quando a estrutura organizada de esquemas deve aprofundar o movimento de assimilação e acomodação, gastar mais energia nele, para resolver um problema. É por esse processo que esquemas se integram e se separam, e o indivíduo vai desenvolvendo o seu conhecimento em amplitude (quantidade de coisas) e profundidade (possibilidade de operá-las). É dessa forma que o desenvolvimento da inteligência pode ser visto como um processo de adaptação que também é inovador e complexificador, movido pelo indivíduo em busca de algo.

Só que isso não é suficiente para explicar o aspecto mais importante do conhecimento como adaptação biológica para a sobrevivência: O conhecimento é uma forma não só de ler, mas de relacionar e prever aspectos da realidade, destacando regras a partir da sistematização de observações anteriores. Estas relações se dão em um plano mental, um plano formal, onde elas são isoladas dos fenômenos em que são observadas e projetadas para além deles, possivelmente generalizadas (Becker, 2012) para outros domínios e estendidas para o infinito. O diálogo entre a empiria e o idealismo ocorre na chamada teoria da equilíbrio, parte do corpo da epistemologia genética. Um sujeito constrói seu conhecimento a partir de suas ações sobre o mundo, tentando equilibrar a assimilação e acomodação, alterando o que o indivíduo percebe da realidade.

Dessa forma, apresenta-se a **caixa-preta** (seção 1.1) à Piaget. Um usuário assimila uma caixa-preta ao usá-la, e ela lhe trará resistências, ela não se comportará sempre como esperado. O conhecimento de como ela é operada, por meio de testes sistemáticos de entradas e saídas, a encaixa na chamada Teoria das Tentativas (Piaget, 1987). Essa teoria era

relacionada com os experimentos dos gatos de Thorndike, no qual o psicólogo prendia gatos em gaiolas quebra-cabeças. Se o animal apertasse um botão ou puxasse uma alavanca, a gaiola abria e ele recebia sua recompensa. Por meio de sucessivas tentativas e erros, os gatos iam construindo um repertório, e descobrindo como escapar. Cada escapada reduzia o tempo que levariam para fugir de novo, fortalecendo o vínculo entre entradas e saídas na memória do gato.

Seres humanos usam a tecnologia para alcançar seus fins, mas eles não são os únicos capazes de fazê-lo, e o experimento de Thorndike é uma proposta empirista radical, que propõe a capacidade de aprender como a capacidade de fazer ligações de causa e efeito, descobertas primariamente pela experiência. Seu experimento sugere um mundo de caixas-pretas, as quais não podem ser abertas, mas ele não é suficiente para explicar um aspecto da cognição: a inferência não é necessariamente uma relação direta. Piaget (1974) demonstra isso com um experimento bem simples. Pega-se uma seta horizontal, tapa-se a o seu sentido (esquerda ou direita), e gira-se em 180° um número de vezes qualquer, após o movimento, se pergunta-se para um observador que direção ela apontará. Quando realizado com crianças, Piaget notou que as respostas variavam enormemente, mas que crianças mais maduras conseguiam fazer uma projeção: sempre que a reta for girada um número par de vezes, terminará apontando para o mesmo lado, se for girada um número ímpar de vezes, ela vai terminar apontando para o outro lado. Assim, a inferência gera uma regra transversal que pode ser aplicada em qualquer caso, ela é projetada para o infinito, extrapolando uma tabulação que exigiria que a criança testasse todos os movimentos possíveis para saber qual a posição da seta. Ela não precisa girar o objeto 150 vezes para saber que, ao fazê-lo, a seta terminará apontando para o mesmo lado. O mesmo princípio de extração de regras gerais deve ser aplicado ao se pensar na caixa-preta.

Esse simples experimento demonstra que o dualismo empírico/ideal não é opositivo, e é a estrutura mental que será usada para fazer a “leitura do mundo”, mas refere-se também a possibilidades e extensões dessa leitura. Na chamada teoria da equilibração, Piaget postula que é justamente o desequilíbrio entre a assimilação e a acomodação que levam o indivíduo a retomar uma ação, articular diferentes esquemas e também a dividi-los. Dessa forma, a estrutura mental se reorganiza, buscando uma concordância.

“A concordância do pensamento com as coisas e a concordância do pensamento consigo mesmo exprimem essa dupla invariante funcional da adaptação e da organização. Ora, esses dois aspectos do pensamento são indissociáveis: é adaptando-se às coisas que o

pensamento se organiza e é organizando-se que estrutura as coisas.”  
(Piaget, 1987, pg.19)

Há um caminho para a inteligência na teoria da equilibração. Ela parte de um princípio de indiferenciação e se desloca em uma separação do sujeito e do objeto, onde as duas entidades vão mostrando os seus limites, se tornando cada vez mais claras, delimitadas, e suas relações vão se tornando mais e mais claras. As duas entidades, sujeito (o cerne da cognição) e o objeto (o fenômeno) vão se separando para a cognição no movimento de assimilação-acomodação. Essa definição está de acordo com o conceito explorado na seção 1, a tecnologia como um objeto estranho. Assim, se formula que aprender a usar uma tecnologia decorre dos mesmos processos da construção de conhecimento da epistemologia genética, operar um objeto é ir descobrindo seus caminhos de operação (e suas leis gerais de funcionamento), enquanto se encontram as fronteiras deles em relação com o humano. Silva (2017) reproduziu alguns experimentos piagetianos por meio de *tablets* com telas sensíveis ao toque, para uso por crianças de 7 meses a 7 anos. Ela afirma que há uma possibilidade de transferência dos experimentos, que o *tablet* também é um espaço virtual, onde elementos podem ser manipulados e experimentados assim como no jogo físico, mostrando que há uma correlação entre os dois, independente do meio em que se encontrem.

Diante das TICs e do ciberespaço, há duas questões para a teoria piagetiana. A primeira é que a tecnologia possui um objetivo, é uma ferramenta que dá acesso a um fim específico. Esse uso é transmitido para o outro para que ele tenha acesso à mesma capacidade. Segundo, a tecnologia possui um modo de funcionamento, e um modo de operação, que a prende. A descoberta de como a tecnologia funciona depende da criação de um sistema, mas o seu uso independe desse entendimento.

Então, tanto o uso quanto o desenvolvimento de uma tecnologia estão reacionados à assimilação. A aprendizagem de uso, o aperfeiçoamento das técnicas de operação de uma máquina, podem ser vistos no movimento de equilibração, pois ao operar a máquina, ao agir sobre a máquina, o usuário passará por movimentos de assimilação e acomodação, buscando, aos poucos, as formas de operá-la. Esse movimento pode ser visto quando uma pessoa aprende a dirigir um carro, seus primeiros movimentos serão erráticos e descoordenados, e desenvolve a familiaridade e a fluidez com a prática. Já o desenvolvimento da tecnologia não parece ser tão bem modelado nessa teoria da equilibração, pois seus caminhos dependem de descobertas, dependem de inovações. Aprender uma técnica para fazer fogo é profundamente diferente de desenvolver uma técnica, que requer cruzamentos de correlações, extrações de

relações de causas e uma tentativa de arregimentá-las para um fim.

Para explicar como o indivíduo “extrai” estas relações do material e as organiza, é necessário propor um processo, chamado a **abstração reflexionante**. Ela se dá quando os esquemas se reorganizam em um “patamar superior”, mais abstrato<sup>30</sup>, que detém uma maior flexibilidade operacional, no qual o indivíduo possui maior liberdade para mentalmente operar sobre o que ele leu da realidade. Essa passagem não é imediata, mas uma elaboração, uma reconstrução da estrutura mental vista na forma como o sujeito toma consciência de leis gerais sobre o fenômeno que observa. Segundo os experimentos apresentados em *Aprendizagem e Conhecimento* (Piaget e Gréco, 1974), a mudança pode ser vista na forma como uma estrutura menos elaborada (como é possível apontar nos estágios piagetianos) dá ao indivíduo certezas de como a realidade opera, se reordena e passa de uma perspectiva limitada para uma mais ampla, mas também mais certa. O exemplo mais claro dessa passagem está na construção da matemática que, apesar de ser um produto mental, extraído das relações lógicas construídas na mente pelos seres humanos, possui uma congruência cada vez maior sobre a realidade. Da mesma forma, o projeto tecnológico caminha em direção a um modelo cada vez mais próximo ao mundo físico sobre ele, primeiro como princípio que pode ser dirigido a um fim, depois como sistema que empregue esse princípio, com suas partes cada vez mais organizadas e ordenadas, coordenadas, para esse fim (Simondon, 1980).

Nesse sentido, a aprendizagem sobre a interface de uma **caixa-preta** é compreendida por meio da teria da equilibração, mas a invenção, ou seja, o desenho do que há dentro de uma caixa preta (encontrar um sistema que possa ser um acoplamento funcional no lugar dela) requer uma capacidade de extrair um princípio e, por meio de operações mentais e a construção de experimentos e protótipos, o princípio da abstração reflexionante. Esses dois modos de aprender limitam uma nova forma de *divide* tecnológico, uma fronteira entre o projetista/engenheiro/designer e o usuário.

A epistemologia genética também prevê uma "não-caixa", quando o indivíduo não é capaz de, necessariamente, reconhecer o objeto à sua frente. O encontro do sujeito e o objeto parte de uma indiferenciação, de um momento no qual os limites não são sequer percebidos. Isso é bastante visível nos reflexos dos bebês (Piaget, 1987), mas, propõe-se, aparece

30 Abstrato em Piaget se refere a "uma parte retirada", uma abstração, então, ocorre quando uma parte do fenômeno observado é apreendida, uma de suas propriedades pode ser isolada pela cognição (Montanegro e Maurice-Neville, 1998). Já na computação, algumas vezes pode-se usar o termo abstração para se referir a construção de linguagens e bibliotecas de programação que se afastam, que não precisam usar de referências diretas aos sistemas físicos que controla.

claramente em adultos usando a tecnologia não quando não percebem os limites de seus corpos e desses objetos, mas quando não são capazes de identificar os próprios elementos das interfaces dos objetos tecnológicos, o que será explorado na seção 4.

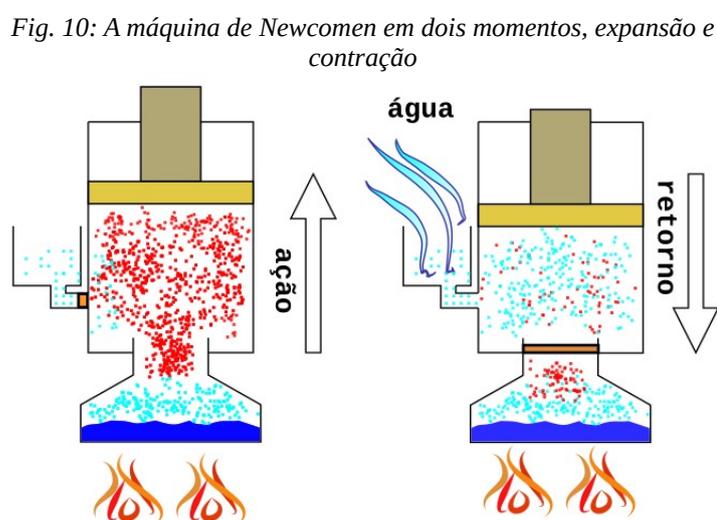
### **3.2 O Desenvolvimento tecnológico e o processo de abstração**

A cognição humana não só permite ler o mundo, mas construir máquinas e desenvolver a tecnologia. A abstração reflexionante também é o processo pelo qual se dá esse desenvolvimento tecnológico em um nível individual. Se a cognição humana se desenvolve no indivíduo, as sociedades criam maneiras de preservar e transmitir conhecimentos, parte deles a própria tecnologia que não pode começar a existir, como ferramenta humana, de uma forma complexa, mas possui um desenvolvimento (não apenas positivo, mas que também envolveu perdas e abandonos) que é fundamentalmente um processo evolutivo, que ocorre a partir de um encontro de vários tipos de conhecimento diferentes (científicos ou não). Assim como foi retratado 2001: Uma Odisseia no Espaço o desenvolvimento tecnológico é um caminho que a cultura humana trilhou, mas que expressa uma verdadeira complexificação de técnicas e tecnologias. Nesta seção, será traçada uma descrição desse desenvolvimento a partir da visão cognitiva do arcabouço piagetiano, e uma análise da contradição, também entendida pela própria teoria, entre projetista e usuário, causada pelo modo de se relacionar com a tecnologia.

Se a empiria não é vista como um processo puro, de uma simples inscrição de um objeto na mente, mas um diálogo entre uma estrutura mental e suas impressões, é necessário esclarecer que essas impressões não são respostas do mundo, mas uma contradição na assimilação. O ser humano se dirige ao mundo (age) de um modo que gera surpresas, desequilíbrios, que serão compensados num movimento de acomodação. Algumas de suas surpresas são compreendidas como fenômenos naturais, previsíveis, confiáveis, que puderam ser agenciados em mecanismos. Dessa forma, a cognição, o processo de aprendizagem, não parte de uma mente como uma tábula rasa, sobre a qual a realidade inscreve suas leis e constâncias, mas de uma mente estruturada a partir de esquemas que permitem uma leitura do mundo. Ler o mundo é assimilá-lo, é passar as informações sensoriais pelos esquemas que traduzirão o mundo para a cognição. A leitura traz suas falhas, insuficiências, que requerem uma adaptação do indivíduo, o processo de acomodação, no qual os esquemas são

reorganizados, um movimento que pode ser tanto consciente, quanto inconsciente. São os ajustes às contradições que levam a separação do imediato, da simples percepção e ajuste sensorio motor, para a construção de um plano mental de operações. Como foi argumentado, esse processo pode ser visto na abstração reflexionante, que gera a reorganização da estrutura mental, dando-lhe novas prioridades. O mesmo processo permite a invenção tecnológica.

A máquina a vapor de Newcomen foi projetada em 1712 (NEWCOMEN, 2020). Criada como uma bomba de água para minas de carvão e era composta por um êmbolo ativado a partir vapor gerado em uma caldeira. Pela pressão do vapor, o êmbolo se move até o final do curso, quando, então, uma válvula controlada pela pra cosição do pistão o desliga da caldeira, e ele é refrigerado com água. Isso gera uma diminuição de sua pressão interna e o seu retorno para a posição inicial causado pela diferença da pressão atmosférica. Nessa nova posição, a válvula se abre novamente para pressurizar o cilindro<sup>31</sup>. O movimento de vai e vem do êmbolo era usado para bombear a água das minas, de acordo com a figura 10, que mostra os dois estágios do funcionamento:



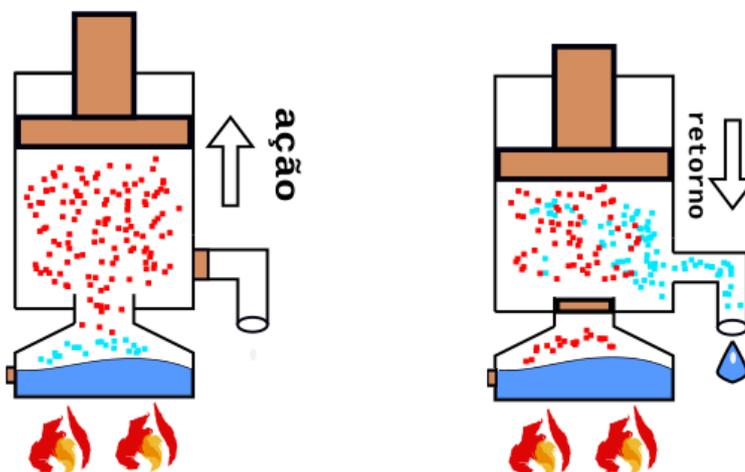
*Fonte: Elaborado pelo autor*

Algumas décadas mais tarde, em 1769, James Watts lança uma nova máquina a vapor que a melhora o desenho de Newcomen em várias formas, principalmente por meio de um condensador que esvaziava o êmbolo no final do curso, sem precisar que o cilindro inteiro

31 É necessário fazer um adendo. Afirma-se que a máquina de Newcomen funcionava como um êmbolo e usava um volume fixo de gás para movê-lo. Apesar dessa descrição estar correta, era impossível para a tecnologia da época construir um pistão e uma caldeira que fossem completamente isolados do ambiente, e seriamais preciso afirmar que apenas parte da pressão que move o êmbolo de Newcomen é parte gerada pela relação de pressão e temperatura é gerada por um volume fixo de gás, já que a outra parte pela injeção de mais gás aquecido da caldeira. A máquina de Stirling, desenvolvida muito depois, em 1816 funciona com um volume fixo de gás, e até hoje um dos modelos de máquina térmica mais eficientes já desenvolvidos.

seja resfriado, como esquematizado na figura 11.

*Fig. 11: A máquina de Watt não utiliza uma injeção de água para resfriar e contrair*

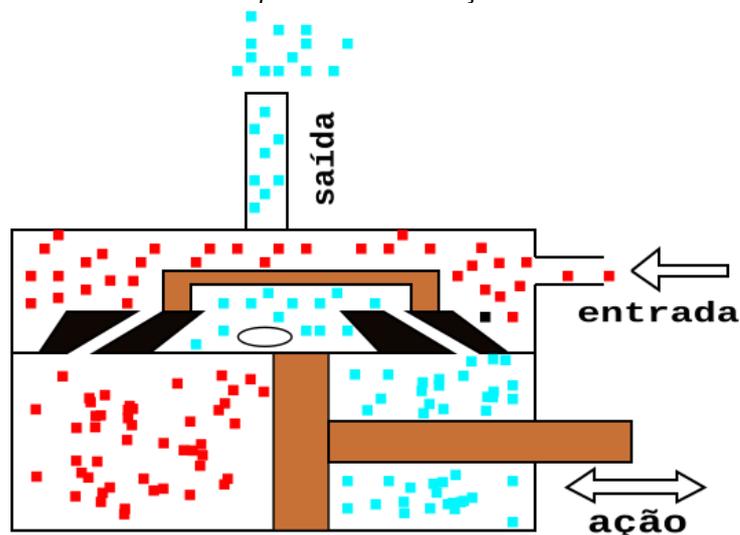


*Fonte: Elaborado pelo autor*

Pode-se ver os mesmos movimentos da cognição na forma como a estruturação das máquinas é reorganizada. Para Newcomen, a posição do pistão era controlada pela temperatura do vapor que está dentro dele, maior a temperatura, maior o seu volume, e vice-versa. Toda a ação do pistão estava relacionada diretamente à temperatura e dependia do efeito térmico de aquecimento e resfriamento para agir. O que Watt faz é entender que o resfriamento é desnecessário no ciclo, na verdade uma limitação para o trabalho realizado, e coloca um condensador, um escape para o vapor já utilizado (Kingsford, 1999). Assim, ele reorganizou o entendimento de como funciona do pistão: o acionamento é visto pela pressão do vapor aquecido, e não pelo volume do gás no interior do êmbolo.

A partir dessa nova visão foi criada uma nova possibilidade as máquinas a vapor, e os pistões recíprocos, que são acionados pelo vapor quente tanto para se expandir, como para se contrair, são o seu próximo estágio de desenvolvimento. Bastou construir um sistema que alternasse qual lado do cilindro receberia o vapor e qual estaria ligado no condensador, agora apenas um escape. Estas máquinas, esboçadas na figura 12, são muito mais eficientes porque trabalham a altas temperaturas e tanto a ação quanto o retorno podem ser feitas com altas pressões geradas na caldeira.

Fig. 12: A máquina recíproca consegue usar a pressão do vapor na expansão e na contração.



Fonte: Elaborado pelo autor

Este modelo recíproco pouco tem a ver com a máquina inicial de Newcomen e foi concebido a partir de uma abstração de James Watts. Esta reorganização também dependia outras ferramentas que não existiam para Newcomen, como tornos mecânicos que pudessem fazer cilindros com volume preciso e o governador, uma peça que pode regular a pressão do vapor nos motores, evitando engasgos ao se trabalhar a altas velocidades. Essas integrações foram necessárias no desenvolvimento do motor, mas ele foi, e essência, a extensão lógica de um entendimento dessa máquina. Cada iteração de desenvolvimento acaba reorganizando e revendo funções e componentes, como nas crianças em Aprendizagem e Conhecimento (ibidem), o projeto da primeira máquina de Watt não usava plenamente todo o potencial que abria. Na verdade, estava “apegado” ao funcionamento de sua antecessora, e demoraria ainda algumas décadas até que o seu potencial se revelasse para a sociedade. A “abstração” reorganizou do entendimento de como motores a vapor poderiam funcionar, primeiro de uma forma muito similar à de Newcomen, depois com um redesenho radical recíproco. Por sua vez, cada uma das máquinas possuía um “espaço de desenvolvimento”, no qual seria necessárias outras tecnologias (torno mecânico, solda...) para que se alcançasse a maior eficiência que cada uma delas poderia alcançar.

As máquinas térmicas também levaram a sociedade inglesa do século XIX a uma macabra descoberta. Com o rigorosismo teórico das máquinas térmicas, trazido por Carnot na década de 1820, procurando aumentar a sua eficiência, descobriu-se a segunda lei da termodinâmica, que afirma que a entropia total de um sistema fechado jamais reduz com o

tempo. Entropia se refere à desorganização térmica do sistema, se é possível medir diferenciais de temperatura que levarão à produção de calor, energia em movimento. Um sistema com diferenciais de calor é um sistema organizado e, à medida que o tempo passa, estes diferenciais se tornam difusos até o momento em que todo o sistema tenha uma temperatura quase homogênea.

Foi essa descoberta que levou a academia inglesa postular a morte térmica do universo, que, em alguns bilhões de anos, as estrelas se apagariam, e todo o universo se tornaria uma massa congelada e sem vida. Um grande impacto para uma sociedade que acreditava que a existência eterna, criada e mantida por Deus.

É necessário retomar o texto Aprendizagem e Conhecimento (ibidem) para entender esta projeção. Numa experiência, as crianças precisavam prever a posição final de uma seta que era girada  $180^\circ$   $n$  vezes. Aquelas que chegassem a um grau de formalização, entenderiam que se a seta fosse girada um número par de vezes, acabaria na posição original, e um número ímpar de vezes, acabaria ao contrário, tendo uma regra genérica para qualquer caso, para o “infinito”. O mesmo ocorreu com o plano formal das máquinas térmicas, mas a generalização se estendeu para além de sua própria aplicação. A abstração reflexionante gera uma necessária reorganização no novo patamar, talvez de toda a estrutura cognitiva do indivíduo.

Como seria o olhar que o engenheiro dirigia para a sociedade que tomava as máquinas térmicas e as empregava? Inicialmente usadas apenas como bombas-d'água, as máquinas só vieram a ser usadas em larga escala no final da revolução industrial (década de 1830), quando suas aplicações na indústria se tornaram óbvias e puderam atender a novas demandas trazidas pela expansão imperialista. Elas também encontraram aplicação no transporte, o primeiro barco com motor a vapor, o North River Steamboat, foi construído em 1807. Já a primeira ferrovia com uma locomotiva a vapor foi inaugurada em 1825. Logo navios a vapor e ferrovias iriam se tornar o principal meio de transporte usados pelas nações no século XIX. A adoção em larga escala não ocorre apenas porque o mecanismo é melhor, o mais eficiente, mas provém de uma necessidade legítima, compreendida pelas estruturas sociais presentes servem de base para a sua adoção. Questões como propriedade intelectual, o mecanismo de patentes, resultaram na demora em se adotar novos modelos, e enquanto o motor a vapor já estava sendo usado em navios transatlânticos, as ferrovias só começaram a se expandir alguns anos depois, quando seu modelo se provou economicamente viável.

Se o desenvolvimento da tecnologia e o seu impacto na sociedade é um fenômeno

dialético, o seu uso percebido pelo indivíduo é uma questão à parte, mas igualmente interessante. Como se fala de tecnologias inventadas há mais de um século, cabe apenas uma discussão teórica sobre como o usuário das máquinas térmicas as percebe, lançando apenas apontamentos, e não uma empiria sobre o assunto.

Uma hipótese bastante tentadora é a de um determinismo da máquina (figura 13). Propondo que cada máquina é um agenciamento de determinado um princípio físico, supondo que sua forma é uma derivação deste, pode-se imaginar que ele a determina. Assim, em uma leitura simplista, a máquina é determinada pelo seu próprio modo de funcionar, e seu desenvolvimento é uma destilação, um caminhar em direção a um modo mais essencial de funcionar. A máquina faz uma ponte entre o seu inventor e o seu usuário a partir de seus processos internos.

*Fig. 13: O determinismo de máquina propõe um caminho entre usuário e desenvolvedor.*



*Fonte: Elaborado pelo autor*

Piaget entende o conhecimento como uma relação dialética entre um sujeito e um objeto. Segundo sua teoria, o ponto de partida hipotético do saber é uma indiferenciação entre o sujeito e o objeto, e seria por meio da assimilação do objeto que o sujeito se modifica por meio da acomodação, separando-se desta situação ideal e passando a compreender mais os limites do objeto, e de si mesmo. Jovens e adultos, que já possuem uma grande estruturação, dificilmente se encontrariam em um ponto de indiferenciação, mas passariam pelo mesmo processo de assimilação e acomodação e seria pelas insuficiências da assimilação que o processo de acomodação teria o poder de reorganizar a estrutura e avançar o conhecimento.

Considerando o determinismo da máquina, pode-se dizer que o avançar o

conhecimento é caminhar na direção de compreender a máquina em si?

Esta é uma afirmação tentadora, até porque traz uma confortável conclusão de que usar uma máquina é uma ação libertadora, que idealmente nos levaria a chegar nos mesmos conhecimentos que o seu projetista tinha. Só que ela não sobrevive ao menor questionamento, tal como: Será que um maquinista, pilotando sucessivas vezes uma locomotiva, descobrirá o ciclo de Carnot e a conseqüente morte térmica do universo?

Mas a leitura da máquina como um agenciamento de um princípio físico ainda resiste, e será necessário de um segundo argumento para responder por que a inteligência do projetista e do usuário, apesar de estarem trabalhando sobre o mesmo objeto, possuem naturezas distintas. Por que o motor Watt foi desenvolvido por um engenheiro, e não por um operador da máquina de Newcomen? Supondo que o operador está empiricamente trabalhando dia após dia com uma máquina que evidencia as suas próprias leis (requer resfriamento, há dilatação e trocas térmicas observáveis)... A máquina não é uma boa plataforma educativa?

Esta concepção do maquinista existencialista se baseia numa leitura bastante equivocada de Piaget (1987). O autor repetidas vezes avisa que “o conhecimento não pode ser uma cópia, visto que é sempre um relacionamento entre objeto e o sujeito, uma incorporação do objeto a esquemas, devidos à atividade do próprio sujeito e que se lhe acomodam, simplesmente, sem que deixem de torná-lo compreensível ao sujeito”. Assim, o conhecimento da máquina não pode ser pensado como uma cópia dela. Ainda por cima porque o maquinista não manipula a máquina, mas suas interfaces.

Ao usar o termo de abstração reflexionante, Piaget afirmou que o processo de reorganização acontece a partir de destaques dos esquemas (abstração) e como uma reflexão da estrutura em um patamar superior (reflexionante). O processo de desenvolvimento cognitivo não é uma constante reinvenção, uma descontinuidade, mas uma continuidade que se complexifica de um plano sensório-motor a um plano formalizado. Acreditar que o princípio físico da máquina se reflete no seu uso é um outro entendimento simplista sobre os objetos de Piaget: Os objetos não são a coisa em si, encontrada no mundo, mas a coisa em si já assimilada pelo sujeito. Ele não é unidade, mas um campo inteiro de possibilidade.

A máquina física é então, nessa modelagem, uma fronteira entre dois processos de abstração. O primeiro do projetista, que tenta domar um fenômeno físico com uma finalidade, e o segundo do usuário, que tenta usar uma máquina, criada a partir de um fenômeno físico,

para uma finalidade. No caso da máquina a vapor, há outras classes de usuários, dos maquinistas aos passageiros, incluindo também os donos das ferrovias, cada um com uma finalidade diferente.

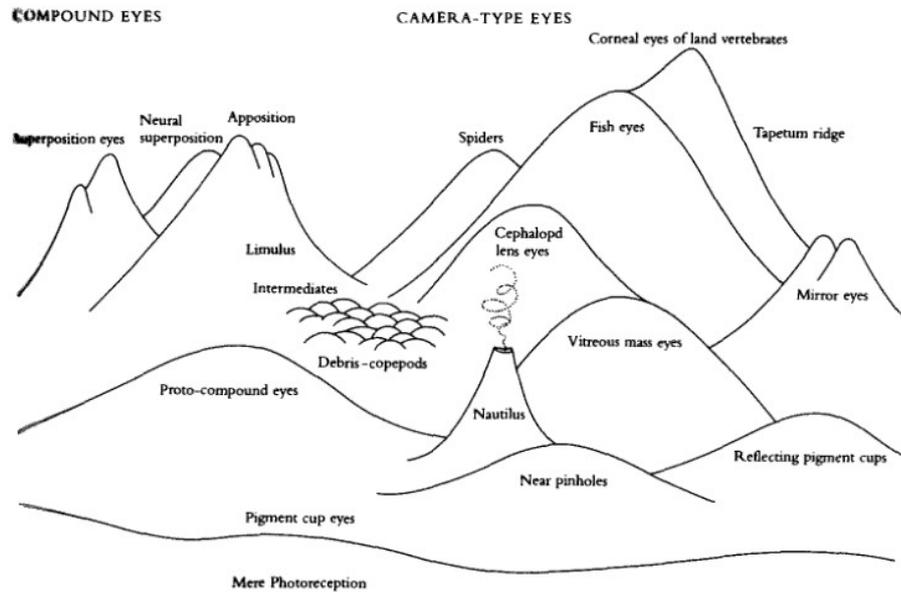
“A mente vai do fenômeno puro à experimentação ativa” (Piaget, 1987), mas o fenômeno visto e a experimentação necessária para cada pessoa dependerá de como ela assimila a máquina. Desta forma, não se pode afirmar que o uso de uma máquina é um caminho para o seu entendimento. Talvez foi por este motivo que o Simondon (1980) afirmou que o caminho de desenvolvimento dos objetos técnicos é um caminho de concretização, ideias abstratas geram máquinas que, geração em geração, vão se tornando mais e mais complexas, com suas partes funcionando harmonicamente. A abstração torna-se um fenômeno material, separando-se para sempre de seu idealizador, e talvez seja por este motivo que há campos da engenharia como o design e a ergonomia, que tem como princípio físico as formas do usuário de interagir com a máquina.

### **3.3 Máquinas e processos evolutivos**

O processo de desenvolvimento cognitivo tem origens na evolução biológica foi usada como um exemplo dessas ligações e interações, e a invenção não é uma exceção. Ela um processo de adaptação a duas pressões, uma que é a seleção natural e a segunda que é a mutação, gerando um equilíbrio. Os processos evolutivos são resultado de pressões duplas, uma que é a seleção natural, e uma segunda que é a mutação. As duas não devem ser vistas como processos unidirecionais, um criativo e aleatório e o outro destrutivo e direcionado, mas como uma dialética entre dois complexos. É por esse motivo que também há uma inovação biológica, o desenvolvimento, muitas vezes simultâneo, de estruturas que se provam valiosas para a adaptação biológica, mas cuja estrutura é complexa.

Dawkins (1996) traz um exemplo que mostra essa complementaridade: o ponto cego do olho humano. Segundo ele, o olho é uma complexa evolução que ocorreu não menos do que quarenta vezes, de maneira independente, em várias linhagens, que contabilizam nove princípios diferentes para captar a luz. A evolução biológica demonstra que há uma vantagem expressiva para os animais que conseguem captar a luz e interpretar as imagens, e sempre que uma linhagem “constrói” um modo de fazê-lo, inicia o desenvolvimento de olhos. Pode-se ver um esquema dessa multiplicidade no “vale dos olhos”, na figura 14.

Fig. 14: O vale dos olhos, representando as diferentes evoluções de olhos na natureza.



Fonte: Dawkins (1996)

Um mesmo princípio foi arregimentado pela evolução de nove maneiras diferentes, sempre trazendo os animais para um mundo no qual podem interagir com a luz. E se há uma diversidade de olhos complexos, todos passaram por um longo refinamento até chegar em sua forma atual. Um retrato desse desenvolvimento é o olho humano, uma câmera equipada com lentes com a capacidade focar em diferentes distâncias e se adaptar a diferentes condições de luminosidade, tornou-se um órgão isolado e especializado, que possui uma relativa independência do corpo, nervos e vasos sanguíneos específicos. Como um sistema tão complexo e coeso pode surgir apenas de estímulos de adaptação e mutação?

Sua história é bastante simples, um animal que que possua fotocélulas provavelmente acabará por concentrá-las em uma região específica de seu corpo. Isso será feito para aumentar a chance de que suas células capturem fótons, tornando-se mais sensível às mudanças da luz, aproveitando melhor esse recurso. Em seguida, o animal pode desenvolver uma cavitação nessa área, uma depressão que adiciona uma nova característica para essa estrutura: dota-a de uma direcionalidade, o animal pode comparar a incidência de luz em suas fotocélulas para ter uma noção da direção da fonte. Essa cavidade, se tiver sua entrada fechada, pode gerar uma projeção no tapete de fotocélulas (como uma câmera *pinhole*), ainda mantendo a capacidade de identificar a direção da fonte de luz, mas mudando radicalmente o olho de um sensor de luz para uma câmera. Resta desenvolver uma lente, que permita captar uma maior quantidade de luz para formar a imagem, permitindo que ela seja nítida e definida,

e pode ser criada a partir de uma cobertura transparente da cavidade, que a proteja de substâncias externas e parasitas, com a transparência ajustando o coeficiente de refração da lente. O último desenvolvimento seria uma capacidade de mudar o foco da lente, se ela for de material elástico, por meio de músculos e reflexos que a controlem. Mas há algo de interessante nessa história, o olho humano possui um ponto cego, o lugar onde é feita a conexão entre o olho e os nervos que levam seus sinais ao cérebro. Isso acontece porque as células oculares são ligadas “ao contrário”, com os seus cones e bastonetes orientados para o fundo do olho, exigindo que a conexão das células seja feita por cima da retina. Essa é uma herança histórica que não pôde ser superada pelos processos evolutivos, os cefalópodes, lulas e polvos, não possuem o mesmo problema porque suas células tem a orientação inversa desde o início de sua história evolutiva. Pode-se supor que o movimento necessário para se inverter a ligação das células no olho humano jamais foi feito, talvez pela dificuldade dessa mutação ocorrer, talvez porque suas vantagens evolutivas sejam mínimas.

Os processos de abstração e incorporação são refletidos na história acima, no momento em que uma parte do fenômeno pode guiar uma alteração que reorganiza e desenvolve a estrutura equilibrando-a novamente sobre um novo ponto (a fotocélula, a cavidade, a lente...), mas é importante comentar que quando esse novo órgão surge, quando há uma inovação, ela pode se tornar uma necessidade evolutiva na competição entre as espécies (na medida em que eles convivem e disputam por recursos). Animais cegos se tornam mais raros porque não podem competir com aqueles que enxergam, assim a evolução traz profundos impactos ecológicos também, ao mesmo tempo que trazem novas potências.

Nessa argumentação, até que ponto o desenvolvimento do olho pode ser um paralelo para o desenvolvimento da tecnologia? À primeira vista, o olho é uma produção do organismo vivo, é acoplado, é uma parte dele, não um objeto externo, então não é uma tecnologia. Mas, por outro lado, o olho é uma estruturas que permite que o organismo enxergue, é uma organização que permite que ele se acople a um fenômeno (as câmeras para captura de imagens), e ele passou por um processo de especialização tal que está integrado ao corpo, mas que, ao mesmo tempo não lhe é vital, lhe garante um acesso a um espaço de recursos e ações. Na verdade, a chamada concretização de Simondon (1980) nos leva a a supor que uma tecnologia torna-se vital, torna-se essencial para a vida, ou torna—se periférica e desnecessária (como o apêndice humano, o músculo palmaris longus, ou os dentes do ciso no ser humano), quando deixam de ser essenciais, mas continuam exigindo recursos da estrutura

para serem mantidas. Há um paralelo entre o desenvolvimento tecnológico e a evolução biológica, e quando animais com e sem visão convivem, eles convivem habitam dois planos diferentes.

É importante reafirmar que os processos evolutivos não são processos determinísticos. Os animais não desenvolvem a capacidade de enxergar porque seres mais desenvolvidos são capazes de enxergar, esse suposto desenvolvimento não é necessário, tão pouco pré-determinado. O que acontece é que há “abstrações” que potencializam as estruturas anteriores e se tornam centrais na interação entre diferentes seres vivos, tornando-se o ponto sobre o qual o sistema de interações irá se reorganizar.

### **3.4 Aprendizagem e a máquina**

O ciclo de Carnot deu início a uma série de debates cosmológicos acerca do fenômeno da entropia. A busca pela eficiência em uma máquina térmica encontrou um limite que, teoricamente, jamais poderia ser superado. Esse limite foi generalizado, transversalizado, universalizado, gerando o postulado de que o universo eventualmente passará por uma morte térmica e não poderá continuar funcionando por não ter mais diferenças de temperaturas. Segundo a teoria piagetiana, uma abstração reflexionante é capaz uma reorganização da estrutura cognitiva individual, criando novas operações possíveis, mas também abrindo um novo “espaço” que não apenas permite novas ideias, mas também uma revisão de antigas ideias. Enquanto a invenção abre novos mundos, a cognição exige a manutenção de uma coerência interna.

O termo “determinismo da máquina” foi usado para se referir a uma possibilidade cognitiva: Se as máquinas são geradas por certas ideias, certos conhecimentos, certas estruturas mentais, quando se age sobre uma máquina não se está agindo literalmente sobre estas mesmas ideias, conhecimentos, construindo as mesmas estruturas mentais? Seria a máquina um coletivo desses elementos, tornados objetos, ou seja, cada um com suas próprias respostas que levam aos caminhos de sua descoberta?

A resposta é não. Não há um determinismo das máquinas porque isso prevê um determinismo do pensamento, é uma proposta puramente empírica do pensamento que, ainda por cima, postularia uma transparência da máquina, que os seus processos internos poderiam ser descobertos, e estariam diretamente relacionados, às suas interfaces. O conceito de caixa-

preta ilustra justamente que nem todos os seus funcionamentos internos são necessários para operá-la. A caixa também já é um recorte orientado por uma funcionalidade, que não cobre todas as suas possibilidades, nem todas suas limitações operacionais. Enquanto incompleto, o recorte é um entendimento, um objeto cultural, uma definição compartilhada. Destacada de uma cultura, uma **caixa-preta** (portanto, um objeto tecnológico) não carrega a sua funcionalidade, e nem sempre seu funcionamento estará claro para alguém que o vê. Então, até que ponto a máquina carrega a coerência da inteligência que a projetou?

A teoria piagetiana se apoia numa dialética entre Sujeito e Objeto, os dois como polos para os quais a cognição caminha em seu movimento de equilíbrio. Assim, um organismo vivo se movimenta e precisa se manter em equilíbrio, um ser humano age e sua cognição precisa se equilibrar com os seus resultados (a sua resposta cibernética), e o completo conhecer é uma utopia onde a cognição separa os dois, compreendendo os limites totais de cada um na ação. Deve-se tomar cuidado para não cair numa armadilha da empiria pura, a equilíbrio se dá na ação, não num movimento de internalizar o meio na mente. Assim, não se deve interpretar essa dualidade como uma reconstrução do objeto na mente do sujeito, com o fim de se ter um modelo completo dele. Não se deve esquecer que a equilíbrio, um dos elementos fundamentais da aprendizagem, começa na ação do sujeito, e que ela orienta uma estruturação, a disposição de elementos cognitivos, a organização e as relações que estes elementos tem entre si.

As **caixas-pretas** foram usadas como um conceito, para analisar a tecnologia, capaz de unificar uma referência ao sistema e à interface, que também a transforma em um objeto único. Assim, mesmo uma plataforma, distribuída em uma rede de computadores ligados em rede, pode ser compreendida como uma entidade única e unificada. Corre-se o risco até de chamá-la de objeto piagetiano. Só que há um limite para a caixa-preta, algo que ela possui para manter as suas fronteiras e se manter fechada: sua finalidade. Só que é possível perpassar múltiplas finalidades sobre cada caixa-preta, e isso se torna ainda mais complexo quando se lida com máquinas flexíveis, de múltiplos, propósitos, como o computador. Um usuário não apenas pode ignorar certas entradas certas saídas da máquina, como também separar parte de suas funcionalidades que seria internas e fazer usos inusitados dela.

Então, é necessário se fazer algumas postulações. Primeiro, não há caminhos determinísticos para a experiência, a equilíbrio depende de uma ação, mas é construída sobre uma estruturação cognitiva que ocorre em toda a história do indivíduo. Assim, quando

se diz equilíbrio, não se refere a um movimento específico de compensações, mas um movimento da própria estrutura cognitiva. Por isso a aprendizagem é uma questão individual.

Segundo, e derivado do postulado anterior, não há um determinismo para um acoplamento da tecnologia. Não é incomum vermos usos inusitados para uma tecnologia, seja alguém que envie mensagens para si mesmo mensagens de Whataspp ou e-mails como forma de fazer anotações de trabalho, ou alguém que se acostume a fazer compensações maiores, que tenha um jeito específico, por exemplo, de ligar o seu carro que tem algum problema elétrico. Há uma história sobre Turing, enquanto trabalhava no Betchley Park, durante a Segunda Guerra Mundial. Ele costumava ir para o trabalho usando uma bicicleta antiga, cuja correia, já gasta, se soltava de quando em quando (Hodges, 2014). Ao invés de trocar a correia, o matemático preferia contar suas pedaladas, já que ele sabia que após um certo número de pedaladas a correia se soltava, ele parava e a ajustava antes que isso acontecesse. As interfaces não limitam os tipos de ação que se pode ter com ela e, algumas vezes, os usuários são capazes de alcançar dentro delas, fazendo acoplamentos com seus sistemas mais internos.

Terceiro, a noção de uma tecnologia é válida dentro de um contexto, uma infraestrutura cultural e material, que permitem tanto a criação das máquinas quanto a compreensão de suas funcionalidades. Assim como um ser humano urbano tem dificuldades em acender fogo usando um método de fricção, um dos antepassados humanos longínquos que encontrasse uma caixa de fósforo dificilmente deduziria como usá-los. Tudo isso parece trazer uma afirmação nihilista e relativista sobre a tecnologia, que ela não é nada a não ser o que se define dela. Pelo contrário, quer se afirmar que a tecnologia existe como um nó, apoiado justamente pelas relações que já existem.

Nenhum entendimento de uma tecnologia poderá ser total. Pode-se fazer um exercício bastante complexo, de se imaginar uma árvore de fenômenos, todos derivados de apenas um “átomo ideal”<sup>32</sup> e de suas funções básicas. Se esse átomo fosse conhecido, seria possível ir descrevendo suas possibilidades e suas relações, criando moléculas, estruturas, sistemas até chegar no objeto tecnológico. Essa descrição deveria englobar a realidade, se referir a todos os aspectos que ocorrem simultaneamente no objeto descrito, escapando do seu próprio contexto. Um outro problema são as mudanças de escala e os fenômenos emergentes. Ao se descrever um motor, por exemplo, uma falha mecânica pode ser encontrada, em uma falha

32 Aqui não se refere ao conceito físico de átomo, mas um conceito filosófico, o átomo como a menor parte indivisível da realidade. Para Piaget (1996) seria oposto à totalidade transcausal, ou seja, aos sistemas que vão além das causas. O átomo a que se refere é a "menor das causas".

estrutural, uma imperfeição, uma micro rachadura, invisível ao olho nu. Sistemas distribuídos também são mais um problema, pois seu funcionamento, na verdade, emerge da colaboração de diferentes processos executando em diferentes tempos. O objeto com o qual se interage é, na verdade, o resultado de um funcionamento difuso.

Esse exercício ilustra como é impossível se descrever a totalidade da realidade através da língua (até porque isso seria a contração do mundo em um sistema sonoro de símbolos, com mens dimensões). Há algo com o que a cognição trabalha, modela, internaliza, e esse algo é uma **organização** que, por sua vez, depende de uma redução daquilo que ela percebe no mundo ao redor, na teoria utilizada nessa tese, ela depende de uma assimilação.

Para Piaget, a lógica é “tirada por abstração reflexiva não dos objetos, mas das coordenações gerais da ação” (Piaget, 1978). Aprende-se não pelo objeto em si, mas pelas coordenações, pelas ações, pelas reações, pelas necessidades e pelos resultados das ações. O que se extrai também possui um caráter transversal, a possibilidade de aplicá-la em diferentes domínios de conhecimento. Destacam-se modos de agir, primeiro físicos, depois formais, e esses modos requerem uma manutenção de uma coerência interna, resultante da coordenação necessária entre esquemas para assimilação e acomodação. Por isso, a descoberta do ciclo de Carnot exigiu, para muitos, uma nova visão cosmológica. Sua descoberta não pode ser desvinculada com a possibilidade de um universo entrópico.

Assim, quando um maquinista ganha experiência operando uma locomotiva, ele aprende os seus controles, vê um objeto em sua frente, o qual vai dominando aos poucos em sua prática. Talvez ele nunca conheça o volante e o governador, ou o posicionamento das válvulas de dos pistões, mas com certeza terá uma familiaridade com os seus funcionamentos como um todo, saberá como a máquina se comporta, poderá prever como dirigi-la por trechos difíceis, e até reconhecerá lugares onde ela não passará.

Numa afirmação um tanto polêmica, pode-se dizer que o maquinista **incorpora** a máquina. Piaget supõe a existência de “um fundo comum de mecanismos reguladores próprios das regulações nervosas sob todas as formas, e das quais as coordenações gerais derivam, há uma inovação que tem a ver com o inédito, algo que não é encontrado e q ação constituem uma manifestação entre outras” (1987), o que indica seu foco em afirmar que há uma organização em contínua transformação pela acomodação. Reflexos se desdobram em ações motoras, objetos são isolados pelas ações, conceitos são referidos a objetos, operações e leis lógicas são criadas a partir das relações de conceitos. Idealmente, tudo isso se dá em um

movimento de maior congruência com a realidade, mas a **incorporação** traz alguns novos fatores para se pensar que serão trazidos novamente nessa argumentação.

Bruno Latour (2017) sugere usarmos uma forma de se observar o acoplamento entre seres humanos e máquinas também baseada na ação do sujeito, através de uma **mediação técnica**. Assim, uma ação qualquer deve ser vista como um movimento por uma rede de possibilidades, desvios e obstáculos. O fazer técnico é tanto uma interferência como uma possibilidade de composição para se alcançar um objetivo, determinando novos meios para esse fim, e no qual pode haver uma *eficiência técnica*, um entendimento de como o objetivo é alcançado, e quantos desvios foram necessários para se alcançá-lo.

A **mediação técnica** deve ser entendida como o caminho pelo qual qualquer tipo de ação deve percorrer, é o fruto da coordenação entre diferentes entidades, e também é um contínuo da evolução da vida. Ela pode ser vista na evolução de como um animal que busca alimento em uma floresta, aqueles com o olfato mais apurado tem a capacidade de encontrar a presa mais facilmente (e se reproduzir), mas esses animais podem acabar perdendo sua presa, porque ela cruzou um rio, ou sua trilha de cheiro foi perdida por um outro que busca determinados cheiros, momento em que surge a necessidade de um desvio, em que a ação não flui, precisa ser coordenada com outras. O mesmo processo ocorre com uma pessoa dirigindo um carro, ela segue as suas vias tradicionais até encontrar uma avenida congestionada e ter que mudar de rota, ou chegar conformar-se a chegar atrasada no seu destino. Da mesma forma, um usuário de computador que está escrevendo uma tese e, de repente, se encontra com um erro inesperado (e que não sabe se é causado por erro do programa, do sistema operacional, ou do hardware) não pode continuar sua escrita até encontrar um modo de continuá-la, de superar esse erro. As ações mudam pelos seus mediadores.

O desenvolvimento tecnológico está ligado à criação e disseminação de mais máquinas e mecanismos, mais possibilidades de ação para o ser humano. A tecnologia deve ser vista como um intermediário, o que fica evidente a partir da revolução da tecnologia da informação, no século XX, as máquinas deixam de ser operadas por especialistas e se tornam parte do dia a dia da humanidade. São caminhos para a ação. Não há apenas um ciberespaço, há um espaço de construções civis, de geração e distribuição de energia elétrica, de rodovias e ferrovias, de produção e distribuição de alimentos, de contabilidade, de acesso a sistemas de saúde. Essas infraestruturas não devem ser vistas apenas como monumentos estanques e limitados, mas como redes vivas, que apoiam movimentos estabilizados, sustentam inovações,

e que também estão em movimento constante, ainda que muitos tenham um ritmo completamente alheio ao da vida humana.

Latour (2019) afirma que esse entrelaçamento de humanos e não-humanos não deve ser visto como uma relação simples de dominação, pois o que foi chamado de acoplamento entre as duas partes não é uma relação de unidirecional, como se a ação partisse apenas do humano. Ele propõe que o acoplamento gera, justamente, novas possibilidades, ações antes impossíveis, e que cada elemento envolvido pode gerar obstáculos e mudanças. Nesse movimento, há uma conservação, uma manutenção de competências e propriedades próprias de cada parte, mas elas são fundamentalmente solidárias, um piloto, por exemplo, tem o conhecimento para, mas não pode voar sem um avião.

O entrelaçamento pode apresentar um obscurecimento quando a máquina funciona bem, o seu funcionamento pode ser deixado de lado<sup>33</sup>. O que ocorre é uma **incorporação** da máquina, momento no qual ela se torna tão alinhada com esquemas motores e sensórios que a sua existência se torna inconsciente. Para Piaget, o termo coordenação de esquemas de ações é extremamente importante para explicar o movimento de equilíbrio, já que é coordenando diferentes ações que os esquemas se complexificam, se separam e se estruturam, dando origem a ações mais complexas e operações mentais. A questão que a técnica traz é que há uma possibilidade de se **arregimentar** o mundo para um determinado fim, a organização do mundo está em mudança por diversos agentes, mesmo que algumas partes dessa organização serão mais duradouras, durando muito mais que o tempo humano, enquanto outras mais breves. O que se propõe é que a assimilação também envolve uma coordenação com o meio, seja com aquilo que foi desenvolvido deliberadamente (tecnologia), ou pelos mais diversos processos não-humanos. Nesse sentido, deve-se resgatar a ideia de **daemons**. O mundo físico possui seus **daemons**, as “interfaces”, ou os modos de agir, escondem processos. A assimilação é uma coordenação de um esquema com um caminho de ação possível, que captura um aspecto do mundo. Nesse aspecto, os constantes movimentos do sujeito, suas ações, constroem uma interface cada vez mais complexa, da qual se destacam o sujeito e o objeto, construindo uma rede entre os esquemas de ação, a estrutura mental piagetiana, que constrói capacidades internas, operações específicas, ao se reorganizar.

33 Latour (2017) afirma que a máquina que funciona bem se torna uma caixa-preta, seu funcionamento pode ser ignorado pelos usuários. Isso gera um conflito com as proposições desse trabalho, aqui qualquer máquina é vista como uma caixa-preta, que se refere a um olhar que compreende corporeidade, funcionalidade e interfaces.

O limite da ação, entre o sujeito e o objeto, é uma interface que “esconde”<sup>34</sup> certos aspectos. Nesse limite, há um diálogo entre Piaget e Latour, apontando dois movimentos. O primeiro afirma que o desenvolvimento da ação está na abstração, na reorganização dos esquemas de ação ao redor das coordenações, enquanto o segundo fala de uma reorganização dos objetos, que permite que novos caminhos da ação surjam. Deve-se apontar que os dois processos fazem parte da inventividade humana, e que a arregimentação inclui, também, uma produção do coletivo. Pode-se pensar na descoberta de um fenômeno físico, como a descoberta inércia, como uma história de um longo desenvolvimento simétrico. Por um lado, as operações mentais realizadas, assim como as relações conceituais, mudaram com o tempo. Aristóteles, cujo modelo de movimento foi adotado por séculos, afirmava que o estado natural dos objetos era o repouso, e que os movimentos gravitacionais se davam por diferenças de densidade dos corpos. Na mecânica clássica, desenvolvida no século XVII, o estado natural dos objetos se tornou o movimento, e a gravitação se tornou uma força de atração da massa. Essencial para desbancar a visão aristotélica foram tanto os experimentos de Galileo (a arregimentação material que ele fez) que provaram que a velocidade de queda de objetos independia de sua massa, quanto a criação de um novo tipo de visão (uma abstração reflexionante), a referência inercial, que permitiu enxergar objetos em repouso e em movimento linear como em um estado similar.

Surge uma outra questão. Se o desenvolvimento da cognição provém da coordenação das ações e do movimento de abstração reflexionante, o que quer dizer a arregimentação material? O desenvolvimento cognitivo se dá por caminhos conhecidos, previsíveis, ou por caminhos criados pelo seu ambiente, imprevisíveis? Em outras palavras, até que ponto pode-se pensar em inteligências diferentes para seres humanos em sociedades diferentes, num ponto em que eles se tornem completamente alienígenas e inteligíveis uns com os outros, ou sempre haverá uma identidade clara entre seres humanos diferentes?

Não é do escopo dessa tese adentrar em uma discussão ontológica, acerca da natureza da realidade em si e o lugar da matemática, mas o que se quer é apontar que há uma questão científica (e uma possível forma de observá-la experimentalmente) para se tentar encontrar até que ponto o meio pode determinar a mente, e como a tecnologia, como arregimentação do meio, pode determinar o pensamento. É uma nova questão sobre o “determinismo da máquina”, se a máquina não é um caminho completo de aprendizagem, até que ponto ela o

34 Deve-se tomar cuidado com esse termo, porque ele traz uma impressão de intencionalidade. Aqui não há intencionalidade do objeto, só das estruturas mentais.

altera?

Em outras palavras, haveria uma equivalência entre as operações mentais construídas em um mundo sem o ciberespaço da tecnologia da informação e aquelas construídas em um mundo com essa tecnologia? Deve-se revisitar a hipótese do *digital divide* como duas inteligências diferentes e se perguntar até que ponto a existência da tecnologia cria efetivamente dois mundos e dois modos de se pensar e de viver. Será que eles não são completamente alienígenas um em relação ao outro?

As estruturas mentais desenvolvem uma transitoriedade, até alcançarem nas operações lógico matemáticas. Assim como Turing postulava o computador como uma máquina universal, indicando que as máquinas de diferentes desenhos, mas com uma mesma configuração (programação) trariam os mesmos resultados, Piaget postula que as operações lógico matemáticas são universais. Silva (2017) emprega um tablet para avaliar como crianças lidam com um jogo de Torre de Hanói, repetindo um clássico experimento piagetiano em um ambiente virtual. Ela observa que:

"O aplicativo deu indícios de que se o disco fosse direcionado para a torre incorreta, com um disco maior embaixo, ele era direcionado para o lugar de origem, e, ao final da exploração, com todos os discos trocados de lugar, o aplicativo dava um feedback com o número de movimentos realizados. Com o material concreto a criança tinha a possibilidade de segurar os discos com as mãos, porém necessitava de um adulto o tempo todo supervisionando e lembrando-a das regras, pois os discos poderiam ser colocados em qualquer lugar sem nenhum impedimento. Para dar o número de movimentos realizados, a cada movimentação, seria preciso ter uma pessoa fazendo a contagem manual." (Silva, 2017, pg. 210)

Assim como o jogo apresenta limitações quando é feito no "mundo real", o programa, suas limitações programadas, tentam reproduzir as mesmas limitações, mas, claro, descartando a materialidade que o jogo original tinha. Silva afirma que há uma concretude no programa, que pode ser manipulada e experimentada pela criança que, por sua vez, realiza uma operação equivalente à do jogo físico. Claro, o aplicativo cria novas condições materiais ao contar o número de movimentos realizados pela criança, algo que não seria possível se ela não contasse por si. O material adiciona o contar à manipulação do disco, de forma independente do pensamento. Mesmo assim, a virtualização do jogo gera uma equivalência, não uma incongruência, em algum está no mundo comum das estruturas lógico-matemáticas, não em um outro lugar diferente.

A aprendizagem Piagetiana pode ser entendida como um processo análogo ao processo biológico da evolução, mas é importante considerar que há diferenças. Há um histórico e uma

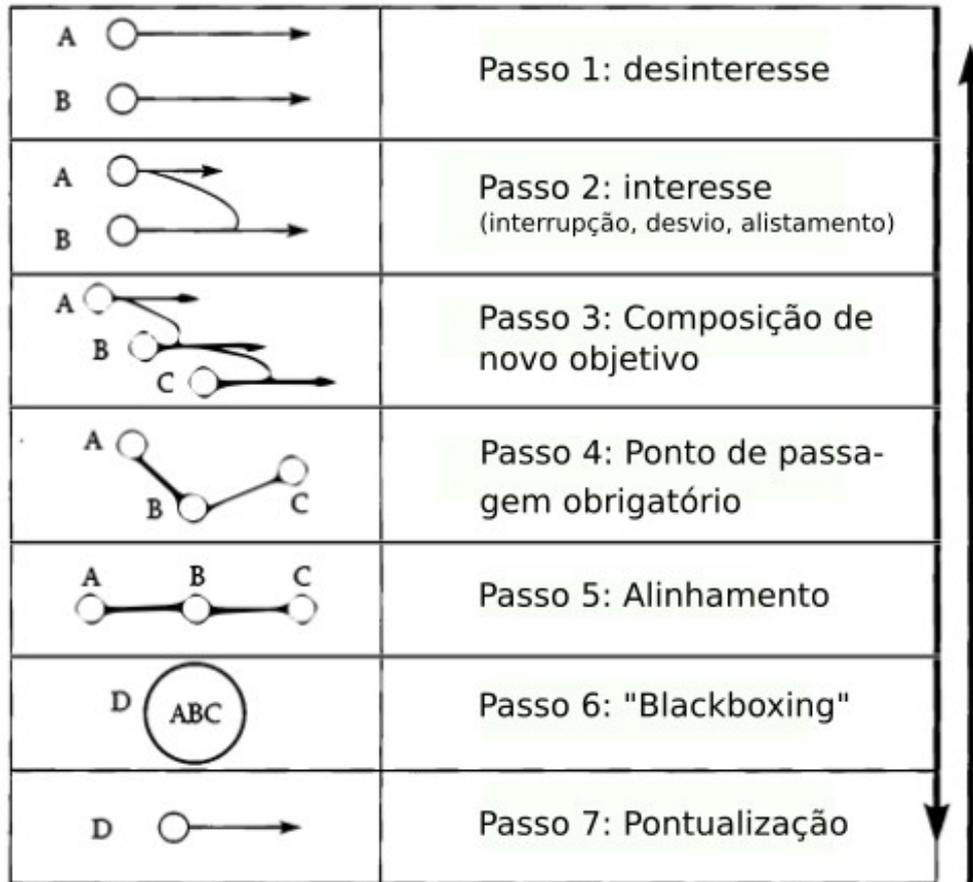
continuidade de mutações que mantém uma estrutura, mas que passa por súbitas reorganizações, produzindo inovações. A inventividade e a técnica devem ser trazidas como um espelho desse movimento, a história da evolução também é uma história de mudança do mundo, que não é um simples espaço, mas uma ecologia.

Após centenas de milhões de anos, a atividade biológica havia saturado a atmosfera com oxigênio (o Grande Evento de Oxigenação), alternando o ambiente e tornando-o propício para a respiração celular aeróbica, que se tornou dominante, ao mesmo tempo que limitou o desenvolvimento de micro-organismos anaeróbios. Se a evolução da respiração aeróbica é um processo evolutivo biológico, é análogo ao que se chama de incorporação, pois representa um momento em que um organismo não só se adapta a uma mudança ambiental, mas se torna dependente dessa nova situação. O oxigênio, a base da respiração celular de animais e plantas, foi produzido não por fenômenos geológicos, mas quase que inteiramente pelas cianobactérias, e torna-se o caminho pelo qual a vida passa a respirar.

Espera-se que a respiração celular possa ilustrar um outro processo, de incorporação do meio. A vida tem que se adaptar às alterações ambientais que ela mesma causa, essa alteração de sua estrutura inteira para se adaptar a uma mudança no meio causada por si mesmo (por sua própria criação) é o que se está chamando de internalização. Isso deve ser entendido como uma resposta do organismo às mudanças, uma adaptação fenotípica, que se vê na mudança das espécies de acordo com mudanças ambientais. A incorporação é solidária à abstração reflexionante. Enquanto a abstração é uma extração de um ponto e uma reorganização da cognição ao seu redor, a incorporação é um outro polo no qual um intermediário, que mostra confiavelmente garantir um objetivo, se torna parte do sujeito e do objeto, se torna uma referência para a organização interna, e isso pode acontecer pelo intermediário se encaixar na assimilação sem causar qualquer resistência.

Sobre os tipos de mediação que existem, Latour traz um quadro de composições no qual ilustra diferentes níveis de entrelaçamento que diferentes atores podem ter em uma ação ou objetivo (Figura 15, abaixo). Seguindo a seta de cima para baixo está ilustrado o conceito de incorporação .

Fig. 15: O quadro de composição de Bruno Latour



Fonte: Latour, 2017, trad. própria

Como descendentes dos micro-organismos aeróbicos, seres humanos não podem existir em ambientes desprovidos de oxigênio. Os processos de evolução biológica não podem ser revertidos em um único indivíduo, mas a cognição é bem mais flexível. Latour (2017) define o fenômeno de **breakdown**, quando a máquina se revela para o seu usuário por mau funcionamento, como um momento-chave na arregimentação tecnológica, e que é outra peça importante para este quebra-cabeça. Quando a máquina quebra, quando a interface não dá respostas, quando um **daemon** subitamente se revela, a ação, a assimilação, subitamente se torna completamente inadequada para o objetivo. Para Latour, há uma quebra do coletivo humano não humano, da arregimentação, dirige-se pelo quadro na direção de baixo para cima, há uma necessidade de novos desvios e reorganizações.

Apesar de Piaget (1974) ter reforçado que a aprendizagem é um movimento contínuo de separação do indivíduo com o objeto, é necessário investigar tanto como as interfaces entre seres humanos e objetos se juntam, quanto como os objetos podem trazer tamanha insuficiência que se rebelam (ou escapem) das assimilações. Apesar de seu texto estar mais

preocupado em apontar o movimento de descoberta e isolamento de causas a partir da ação de um sujeito do conhecimento, sua proposta de que a inteligência é uma estruturação de esquemas de assimilação que se acionam mutuamente nos permite entendê-los como um sistema, também, de agentes em uma rede.

"Os movimentos que constituem a ação não se sucedem linearmente, mas se encadeiam sob a forma de ciclos relativamente fechados em que constituem os esquemas, e estes correspondem a uma teleonomia (satisfação das necessidades). Esses esquemas se conservam por seu próprio exercício, e sua utilização dos objetos volta a integrá-los nesses ciclos, que é um processo de assimilação cognitiva." (Piaget, 1978, pg.177)

Assim, na cognição como vista pela epistemologia genética, o **breakdown** ocorre constantemente, ele é a insuficiência da ação que alimenta a acomodação. Só que é necessário conservar o termo **breakdown**, especificamente quando se fala da ação sobre uma tecnologia, ou máquina. O rompimento, quando a máquina nega a assimilação, está de acordo com o que Piaget (1978) chama de “primazia bastante sistemática das quais se beneficiam, no princípio, as afirmações ou as características positivas dos atos”. “Uma ação é sempre orientada em direção ao seu objetivo em termos de antecipação atual”, o “objeto é essencialmente positivo”, o objeto é, então, algo que permite um movimento em direção a um objetivo, e ele se alinha com os esquemas que o geram.

O **breakdown** é um desafio para a epistemologia genética no sentido de que ele interrompe o caminho entre , muitas vezes inacessível (algo que será discutido no capítulo 5). Ele é a desconjuntura de um objeto em dois, é o aparecimento de um novo grau de liberdade que requer uma nova coordenação, é o nascimento de um novo ator (como diria Latour) que vai exigir uma negociação. Nesse sentido, o **breakdown** também pode ser visto como uma súbita mudança de polaridade nos elementos que se encadeiam, uma interface deixa de ser um modo de se acessar o sistema, e passa a ser uma barreira para o seu fim.

Apesar da tecnologia ser, no seu íntimo, uma forma de se alcançar um objetivo, ela carrega consigo essa ameaça. Os seus **daemons** podem subitamente se revoltar, e quanto mais presentes eles são, quanto mais visíveis são como elemento, mais despertam a desconfiança. Latour chama de “blackboxing”, um conceito próximo ao da caixa-preta usada nessa tese, refere-se ao momento em que diferentes agentes que exigiam uma coordenação contínua para um fim acabam se arregimentando de forma que se tornam comportados, passivos às necessidades de seu usuário, até desaparecerem. Normalmente, qualquer tecnologia com as quais se lida no dia a dia é um *blackbox*, pois o usuário nem sequer enxerga suas partes

constituintes.

Usar uma nova tecnologia requer aprender sobre o seu uso e, por sua vez, um esforço de coordenação entre o funcionamento da caixa-preta e a ação à qual ela servirá, requer a construção de competências específicas. Apesar disso, há uma diferença entre o usuário e o operador no tipo de conhecimento técnico que ele requer: Enquanto o fazer do operador (do maquinista, do torneiro mecânico, do programador) gira ao redor da operação da máquina, o usuário usa a máquina como um meio para um fim. Nesse sentido, surge a questão: O que faz uma máquina em uma sala de aula<sup>35</sup>?

Ao mesmo tempo em que se discute o que é necessário se ensinar para a nascente sociedade da informação, as instituições de ensino (escolas, universidades, etc.) se tornam instituições da sociedade da informação, e são penetradas por uma série de de novas tecnologias que se apresentam como meios para se ensinar. Learning Management Systems (LMSs), plataformas online para colocar os materiais de estudo, laptops educativos, cujos programas serão usados no ensino, brinquedos e materiais educativos, desenhados para ensinamentos específicos como o material dourado, plataformas de trocas de mensagens e conteúdo multimidiático... É um exército de máquinas que marcha porta a dentro das salas de aula.

Existem tecnologias históricas nas salas de aula, o quadro-negro, o caderno e a caneta,, alinhadas ao trabalho do professor em diversas práticas, das mais tradicionais, às mais inovadoras, e as inovações podem tanto melhorar, quanto ameaçar os fazeres tradicionais. Nesse sentido, voltando ao recorte do **digital divide**, parece que há um problema duplo para os professores. Primeiro, no digital divide como um problema geracional, os professores devem ensinar aos alunos competências para viver em um mundo com o qual não são familiarizados. O segundo, no digital divide como um problema de acesso a partir do uso, problema é o desenvolvimento de competências para se usar essas novas tecnologias em sala de aula.

Só que o problema do acoplamento das TICs nas escolas não é um problema de simples competências necessárias. Ribeiro (2013) aponta, em seu estudo sobre letramento digital, que há uma desconfiança dos professores de adotarem novas técnicas, e que eles precisam de conforto para aceitá-los, mais do que isso “a partir da realização dos cursos pode-se observar que a compreensão dos professores em relação ao conceito de letramento digital pôde ser facilitada partindo dos estudos e de autores que já são de seu conhecimento”, ou seja,

35 Quando o estudante não está estudando a máquina!

quanto mais disruptiva parecer uma tecnologia, quanto mais ela se revela, maior o desvio que o professor terá que fazer em sua prática para adotá-la. Desvios são custosos, levam tempo e energia, e se Piaget afirma que há uma “positividade” do objeto, é porque, do ponto de vista de um usuário, ele deve dar acesso a um objetivo.

Também é necessário considerar que a atividade didática não é uma atividade simples, mas complexa. Por mais que haja uma tendência a se pensar na educação como uma passagem de conteúdos (Freire, 2012) por meio de aulas expositivas, ela é reconhecida, na verdade, entendida como uma formação de habilidades transversais também. O próprio documento normativo para as aprendizagens essenciais dos estudantes de ensino médio e fundamental no Brasil, A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) se orienta a partir de competências, ou seja:

"a mobilização de conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades [práticas, cognitivas e socioemocionais], atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho, no desenvolvimento de competências [competências gerais e na visão dos componentes curriculares a partir de saberes-fazer específicos]"  
(BRASIL, 2018, pg. 8)

Assim, se a ação didática do professor tem como um fim a promoção de certas aprendizagens específicas, a tecnologia terá que aparecer como uma aliada, como um caminho para os fins, idealmente integrando-se aos fazeres do professor. Só que a tecnologia, assim como a cognição, passa por movimentos que escapam a simples congruência e coesão, carregando consigo, sempre, uma ameaça de se revoltar. Nesse momento, ela deixa de ser um componente, um aliado, e passa a ser um bloqueio para o professor, se ele for apenas um usuário.

## 4. A Inovação e a mudança da Cognição pela Tecnologia

Até o momento, se argumentou, primeiro, sobre o desenvolvimento das TICs guiado por necessidades e possibilidades técnicas e econômicas e, depois, por uma perspectiva dos indivíduos humanos, como eles compreendem o mundo ao seu redor por sua estrutura cognitiva e, por meio dela, o agenciam para um determinado fim. No capítulo anterior, se esboçou um rascunho de como a invenção tecnológica é uma interação entre dois sistemas em rede, o primeiro que é o cognitivo, e o segundo que são as arregimentações materiais possíveis pelo “mundo” conhecido e seus fenômenos. Neste capítulo, será necessário se explorar as interfaces, as zonas de contato entre a cognição e a tecnologia, como elas se formam, como elas se estabilizam, e o que elas representam para o ensino.

A adoção da tecnologia não é um processo simples, relativo unicamente à possibilidade material, mas complexo, maior do que a soma das partes. Se a abstração reflexionante e arregimentação mostram como se criam invenções, novos espaços, platôs de desenvolvimento, que permitem a expansão de um sistema, enquanto mantém a continuidade de sua identidade, ligando a adaptação a invenção, vemos que fenômenos emergentes (seção 2.3) que modificam antigos fazeres e significações, causando repercussões em outros fazeres que não apenas aqueles ligados à tecnologia. Isso é porque a invenção não é apenas um processo do sujeito para o meio, ou uma mudança no mundo, ela não apenas propaga por atender interesses, mas muda o que é possível ao ser adotada. A questão agora é se há uma forma de observar o processo pelo qual uma tecnologia se torna parte do meio e parte do mundo de um sujeito cognoscente, e como ela o influencia.

Volta-se ao trabalho de Foucault (1987) como um estudo que pode jogar uma luz sobre este processo complementar da invenção, aqui chamado de inovação, já que a disciplina social lhe é entendida como uma tecnologia (ou técnica). Segundo ele, a prisão (que tem até modelos ideias no pan-óptico<sup>36</sup>) foi sendo idealizada e adotada juntamente com a criação de um sistema de justiça moderna, enquanto a tortura, que era parte integrante da punição de crimes medievais, se tornou desnecessária e até um tabu. Esse novo sistema disciplinar chegaria a mudar forma como as pessoas se relacionavam socialmente, e chegaria a criar até mesmo

36 O pan-óptico é um modelo de uma prisão ideal criado por Jeremy Bentham, era uma construção circular onde as celas ficavam dispostas externamente, enquanto os guardas ficavam no centro. Com uma iluminação vinda de fora, o pan-óptico garantia que os prisioneiros poderiam ser facilmente vigiados, enquanto seria mais difícil observar os guardas. Não há como se vigiar o vigia.

problemas que ela mesma teria que resolver, como a delinquência. Foucault ainda menciona que a criação da prisão não aconteceu de uma única vez, mas foi um processo longo, que teve de ser feito mais de uma vez.

Então, justamente quando uma invenção se torna uma infraestrutura, ela muda as possibilidades para os sujeitos. Pode-se traçar um paralelo ao estudo de Foucault com os computadores, os motores a vapor, (nas sessões 2.1 e 3.2), que desde a criação de seus primeiros protótipos à sua comercialização em larga escala, começam a gerar a conhecimentos e necessidades, justamente a partir de pressões e interesses já existentes. Essas inovações carregam consigo um discurso, são um meio de expressar interesses e necessidades que encontram nela uma forma de se expressar, e isso pode mudar completamente uma sociedade, reforçando tendências ou criando quebras. Nesse sentido, do mundo para o sujeito, há uma continuidade. A tecnologia não é uma simples organização, pois é nessa organização que se constitui o sujeito, ou seja, que lhe dá uma permeabilidade às essas organizações. Dessa forma, a arregimentação dos objetos deve ser vista como um contínuo que arregimenta, também, os próprios esquemas do sujeito entre o que ele pode, ou quer, e o que não pode. Novamente, a sombra surge para o sujeito, “decifra-me ou devoro-te”.

Isso lança uma nova possibilidade que tem que ser estudada nessa tese. É necessário lançar um novo olhar para a tecnologia que seja capaz de compreender um novo tipo de “usuário”. No capítulo 1, a figuração do monstro de Frankenstein foi usada para se imaginar a tecnologia como um objeto estranho, uma coisa reconhecível, mas, até certo ponto, não compreendida, e o usuário se encontraria no processo de desvendá-la e adotá-la. O monstro era um extremo, uma criação impossível de um entendimento científico, exigindo uma reorganização da estrutura cognitiva, abstrações, para ser adotado. Agora, uma visão polarmente oposta surge, de quando as máquinas se encaixam nos fazeres, tornam-se normais. Há uma segunda figuração escrita por Alan Turing (1950), o Jogo da Imitação.

Após definir o computador como uma máquina universal e transversalizar sua definição como sendo uma máquina capaz de realizar qualquer computação possível, Turing (ibidem) abria a possibilidade para o cérebro humano ser um computador também. Ele sabia que, ao menos, a máquina universal poderia ser simulada por uma pessoa, que o cérebro humano contém a classe de problemas computacionais, e quanto ao oposto? Seria um computador capaz de resolver todos os problemas que um ser humano? Uma máquina pode pensar?

Turing não se arriscou a definir o funcionamento da inteligência humana, e nem propôs como ela seria redutível à computação, um debate que continua até hoje, mas, pelo contrário, de uma maneira muito mais pragmática, propôs que os computadores eventualmente seriam complexos o suficiente para serem indistinguíveis de pessoas. Usar um computador poderia não ser nem um pouco diferente de conversar com uma pessoa. O Jogo da Imitação é um experimento teórico, composto por três participantes. Os dois primeiros participantes são uma pessoa e uma máquina fingindo ser outra pessoa de sexo oposto. Eles se comunicam com um juiz, por meio de textos ou de uma voz, que deve determinar qual deles é um ser humano, e qual não é. A questão é se uma máquina pode enganar seres humanos<sup>37</sup>, ser complexa o suficiente para mentir e montar uma estratégia para um jogo, reagindo e se adaptando às interações das outras pessoas. Dessa forma, seria irrelevante se uma máquina realmente pensa, o que acontece é que ela se torna um agente social imperceptível, ela se passa por um ser humano.

Alguns anos após Turing escrever seu trabalho, *bots* (Ferrara et al., 2016), programas de conversa, surgiram com a ELIZA, um pequeno *chatbot* que simulava uma terapeuta, escrito 1966 por Joseph Weizenbaum (Sack, 2018). Esses robôs digitais se tornaram, hoje, um grande ferramenta em empresas para o atendimento para clientes e suporte técnico, conduzindo triagens básicas e atendimentos gerais, seus complexos sistemas de processamento de linguagem natural dificilmente se dariam bem em um Jogo da Imitação, mas são úteis e, às vezes, são capazes de gerar respostas emocionais em seus usuários, mesmo quando são reconhecidos como programas. Weizenbaum chamou este fenômeno de efeito Eliza, quando percebeu que vários estudantes tinham conversas sinceras e verdadeiras com o programa, mesmo sabendo que ele não tinha como interpretar suas falas.

Vollmer et al. (2018) trazem um estudo sobre a possibilidade de robôs, com uma aparência artificial, influenciarem o comportamento humano. Nele, seres humanos tinham uma tarefa simples, de comparar o comprimento de linhas, junto com outros participantes, alguns humanos, outros robôs humanoides. O estudo foi feito com adultos e crianças, sendo que o segundo grupo teve suas respostas influenciadas pelas máquinas. Segundo um estudo anterior (Reeves e Nass, 1996 apud Vollmer et al., 2018), seres humanos costumam usar as

37 Turing lista cerca de nove argumentos contra essa percepção, incluindo argumentos teológicos, mas encerra o artigo comentando sobre a criação de uma máquina capaz de aprender, que possa construir novos estados internos, que possua sinais pelos quais possa ser punida e recompensada e que tenha um gerador de leatoriedade interno, mas ele se questiona se isso não poderia gerar uma mente diferente, como um computador que "goste de fazer seus deveres de casa".

mesmas regras sociais ao lidar com tecnologia do que com seres humanos.

O experimento de Vollmer traz alguns indícios do tipo de influência que uma máquina pode ter sobre o ser humano, mesmo que o comportamento dos adultos não tenha sido altamente influenciado, não é difícil imaginar como esses robôs poderiam ser modificados de modo a ter um maior poder. Este campo da interação entre seres humanos e TICs, chamado de computação afetiva, tem se mostrado prolífico na busca por tornar as plataformas mais vitais e se adaptar aos estados afetivos de seus usuários (Ibsen, Bercth e Reategui, 2010), e é necessário reafirmar que a tecnologia nem sempre será um corpo, uma entidade artificial, talvez nem mesmo uma presença, mas mesmo quando sua artificialidade é evidente, ela pode gerar alguma mudança no comportamento humano. Esse campo joga uma sombra sobre a tecnologia. Latour (2019) propõe que máquinas geram novos caminhos e atalhos para um fim, assim ações não são causadas por um agente específico, mas por um coletivo. No fundo do seu quadro de composições (seção 3.4) a arregimentação passa por um processo de pontualização, no qual os atores (sujeito e máquina) estão tão alinhados que não podem ser percebidos como separados. A tecnologia não foi apenas incorporada, mas internalizada, é indistinguível da ação (e do corpo, da fala, etc.), ela parece fazer o caminho contrário da aprendizagem, pois assume um papel de indiferenciação, torna-se uma não-caixa (seção 3.2).

Em uma leitura carregada pelo “determinismo da máquina”, a máquina é um objeto que contém o seu conhecimento. As ações vão levando a descoberta do seu comportamento, que também levariam à compreensão de suas estruturas internas, separando, cada vez mais, usuário e máquina iriam, enquanto todas as possibilidades da máquina apareceriam para o ser humano. O caminho de esclarecimento sobre a máquina gera abstrações, novas e mais poderosas estruturações, que permitiriam o uso revolucionário e uma inovação sobre a máquina, em um ciclo crescente (até o limite da tecnologia). Só que essa visão parte de um mundo, e de uma tecnologia, imutável e que pode ser conhecida em sua completude. Ocorre que há momentos em que a tecnologia torna-se dada, e a relação com ela muda, altera-se, ela deixa de ser um monstro e passa a ser um serviço, mudando, também, o indivíduo. Assim assim como o olho muda as estratégias de sobrevivência biológica, assim como os computadores em rede mudaram o capitalismo, assim como as instituições mudam as formas de disciplina social, esse tipo de acoplamento é de especial interesse nessa tese porque ele não depende de uma formalização, pois se mantém mesmo em uma estruturação sensório motor ou, até mesmo, como um reflexo. O que é de especial interesse, porque esses acoplamentos

são feitos por intenções e discursos próprios, na tentativa de reproduzi-los (ver capítulo 5).

A incorporação é um regime no qual uma infraestrutura (biológica, social, tecnológica) unifica a composição de atores, tornando-os inseparáveis e, em alguns casos, dependentes. Não há mais estranheza com essa tecnologia, ela é parte do indivíduo, cruza suas fronteiras corporais até chegar ao ponto de integrar a sua estrutura cognitiva. A tecnologia incorporada se torna um **daemon**, a serviço do seu usuário, que não consegue reconhecer onde ele começa e onde ele acaba. Lévy (1997) chega a comparar a ligação com as tecnologias com *órgãos cognitivos* que adicionam novas funções ao cérebro. As TICs, segundo ele, formariam uma coleção desses órgãos, uma *ecologia cognitiva*, trazendo novas funções disponíveis para a humanidade. Essa provocação questiona os limites do indivíduo e da tecnologia, o Ciborgue, um coletivo de humanos e suas tecnologias, não é uma criatura que vive no contato de dois mundos singulares, mas vive em uma transição, um nó de significados, que muitas vezes não são mais distinguíveis. É “é um organismo cibernético, um híbrido de máquina e organismo, uma criatura de realidade social e também uma criatura de ficção” (Haraway, 2009) Como entender essa mente cujas ações mudam simplesmente por ela mudar de lugar?

#### 4.1 Mundos Virtuais

Ciberespaço é um termo cunhado em *Burning Chrome* (Gibson, 1986), talvez, o primeiro conto do gênero da ficção científica *Cyberpunk*. Nele, dois hackers adquirem um poderoso software militar de infiltração, e decidem usá-lo para roubar o dinheiro de uma poderosa hacker, chefe de uma rede criminal, chamada *Chrome*. O hacking, como descrito por Gibson, ocorre em uma internet fictícia, a “*Matriz*”, um espaço que eles acessam com misteriosos *decks* que permitem que a consciência dos programadores seja imersa “numa representação abstrata das relações entre os sistemas de dados. Programadores legítimos se plugam nos setores da matriz dos seus padrões e se veem imersos em formas geométricas brilhantes, representando os dados da corporação”.

Gibson leva a ilustração da tecnologia como objeto estranho para além do monstro de Mary Shelley. Aqui se ilustra um mundo de seres humanos com membros artificiais cromados e plugues cerebrais, conexões físicas que claramente mostravam onde o homem terminava e a máquina começava. Em parte de sua ficção, personagens possuem implantes cibernéticos, braços mecânicos, olhos artificiais e até mesmo antenas fazem parte de seus corpos, dando-

lhês habilidades sobre-humanas. Leitores de ficção científica provavelmente já estão familiarizados com a ideia de **interfaces cerebrais**, conectores pelos quais os personagens ligam-se diretamente a uma máquina e, por meio dela, entram em um mundo virtual, artificial, em execução dentro de um computador.

Descartes (1978) fez o famoso postulado “Cogito, Ergo Sum”, “Penso, Logo Existo”, na tentativa de encontrar um fundo para o questionamento do que seria real. Para o filósofo, qualquer aspecto de sua experiência poderia muito bem ser criação de um gênio maligno, não menos poderoso do que ardiloso, uma complexa ilusão destinada a lhe enganar. Um grande racionalista, Descartes postulava que podia duvidar de tudo, menos do fato de que ele pensava, e de que existia. Afinal, mesmo que enganado, é o pensamento que está sendo enganado. Com isso, ele colocava o pensamento à frente da experiência, ele imaginava a mente como uma essência, a fonte do movimento humano.

A proposta de Gibson parece uma continuidade lógica dessas ideias. Com os computadores, passou-se a imaginar uma máquina capaz de criar uma realidade virtual, um mundo de imagens e sensações geradas a partir de fórmulas matemáticas que podem ser injetados diretamente no cérebro de uma pessoa por meio de uma (não muito bem detalhada) interface cerebral. O que Gibson traz de verdadeiramente novo é que na sua interface não há um limite claro entre o mundo virtual e o mundo real. No conto, Chrome não apenas perde seu dinheiro, mas também sua vida, seu cérebro foi destruído pela causa da interface que usava.

No século XVII a humanidade já questionava a realidade, e imaginava que vários, ou até mesmo todos seus aspectos podem ter sido criados por um outro, com fins específicos para controlar ou enganar. Mas a ideia de que a consciência está separada do corpo não é nem um pouco incomum para a humanidade. O filósofo chinês Zhuangzi (Merton, 1984), que viveu no século IV AC, trouxe uma reflexão sobre uma vez que sonhou ser uma borboleta. Ao acordar, ele diz, não sabia mais se era um homem que sonhara ser uma borboleta, ou se era uma borboleta sonhando ser um homem.

A meditação taoista sobre a natureza da realidade, questiona se é possível realmente ter certeza de que os sentidos informam sobre um mundo verdadeiro, ou enganam. A diferença para Descartes é que Zhuangzi não questionava a percepção da realidade, mas a percepção de si mesmo. O engano é o descolamento da percepção de si da identidade de si. Ele reaparece em uma versão moderna a partir de avanços nas ciências anatômicas. Com o

reconhecimento de que o cérebro é o centro do pensamento e da consciência humana, muitos autores de ficção científica começam a imaginar em separar o cérebro do seu corpo, numa forma macabra de aprisionamento.

Curiosamente, na adaptação cinematográfica de *Frankenstein* (1931), o monstro é uma criatura criada de partes de diferentes corpos humanos costuradas em uma nova unidade. Desta vez, o monstro é uma criatura dotada de uma grande força física, mas um intelecto limitadíssimo, tornando-o extremamente perigoso. Isso acontece porque Fritz, o assistente de Victor criado nessa adaptação, acaba tendo um acidente e acaba arranjando um “cérebro anormal” de um indivíduo criminoso e agressivo em vida.

Uma certa popularidade deste tema pode ser encontrada em toda a ficção científica da época, em contos clássicos de horror, seres alienígenas dotados de um completo controle sobre o corpo humano, sendo capazes de desmontá-lo maquinamente e reaproveitar suas partes. Quando se interessam por um ser humano, costumam remover o seu cérebro para levá-lo, em um pote, em suas viagens pelo espaço e no qual podem ligar diferentes aparelhos para dotar a pessoa, agora compelida a ser um turista espacial, de diferentes sentidos e faculdades, numa espécie de prisão fundamental do ser, da qual não há escapatória.

Pode-se encontrar na realidade uma série de casos ainda mais fantásticos que os da ficção. Apenas como exemplo, em “O Homem que Confundiu sua Esposa com um Chapéu”, Oliver Sacks (1998) descreve uma série de condições neurológicas que acompanhou clinicamente. Muitos de seus pacientes sofreram danos cerebrais, mas continuavam com boa parte do seu intelecto, percepção e senso de identidade, manifestando uma série de sintomas inesperados. Era como se perdessem uma função, um órgão cognitivo (Lévy, 1997). Alguns deles incluem o caso “The Lost Mariner”, no qual um marinheiro com amnésia anterógrada que vivia sua vida como se ainda estivesse em 1945, incapaz de incorporar em seu senso de identidade eventos que viveu após a Segunda Guerra Mundial. “The Man Who Fell out of Bed” conta o caso de um paciente que sofria de somatoparafrenia, condição que fazia com que ele acreditasse que sua perna não era sua, e em “Eyes Right”, uma paciente é completamente incapaz de relacionar com o seu “lado esquerdo”, incapaz sequer de reconhecer objetos posicionados à sua esquerda. Em “On the Level”, um carpinteiro perdeu parte de seu senso de equilíbrio e adotou uma postura contorcida no seu dia a dia. Como era incapaz de perceber sua estranha posição, tanto pela falta de equilíbrio, quanto por uma compensação visual, a solução foi um par de óculos que continha um nível de carpintaria

embutido (um ciborgue da vida real).

Se a mente pode perder suas faculdades sem perder o seu todo, é necessário repensar a sua posição cartesiana de átomo da existência. Ele já não pode mais ser entendido como a essência inacessível pela realidade que Descartes referenciava. Se o mundo pode muito bem ter sido criado por um gênio maligno cartesiano, o “Cogito, Ergo Sum” já não consegue abarcar uma mente que se altera, que possui partes necessárias para se operar na realidade, partes as quais podem ser perdidas (ou adquiridas). Pode-se a ver a mente como um sistema próprio, passível de ser mudado, e a realidade como uma produção dela com o mundo que habita. A contraposição, então, é entre um modelo de mente que se chamará **monolítica**<sup>38</sup> contra um modelo de **mente modular**. O primeiro indica que a mente é um átomo, uma unidade indivisível dotada de faculdades fixas. O segundo indica a mente possui partes independentes, que podem ser modificadas sem necessariamente mudarmos o todo. Deve-se frisar que o modelo de **mente modular** não se consistirá em inteligências múltiplas, ou um conjunto de funções cognitivas. Fazer uma taxonomia fechada do que a mente pode fazer não está no escopo deste trabalho, o que se quer é apontar que o senso da mente sobre si mesma é flexível e se adapta. Se as possibilidades da tecnologia digital geram figurações de **interfaces cerebrais**, é necessário adotar um modelo modular da mente para se discutir sobre tecnologia e a aprendizagem.

Sabe-se que, com o domínio do fogo, a humanidade pode cozinhar, podendo processar seu alimento para consumi-lo de modo mais eficiente. Após o domínio da alimentação, a humanidade pode desenvolver um crânio maior, ao custo de uma mandíbula mais fraca. O fogo se tornou um instrumento de alimentação (Harari, 2018). Não é difícil observar como outras tecnologias se tornaram instrumentos necessários, o transporte motor (individual ou público) se torna necessário para a sociedade contemporânea, na qual os seres humanos sedentários precisam percorrer grandes distâncias para ir ao trabalho, para adquirir comida, ou para interagir com outros. Se implantes médicos, marca-passos, bombas de insulina e eletrodos de estimulação cerebral já são usados, as ficções científicas trazidas imaginam mundos onde os próprios corpos dos protagonistas devem ser alterados. A mesma instrumentalização tecnológica pode chegar ao cérebro, e a **mente modular** é um modelo

38 Em referência ao modelo de kernel monolítico dos sistemas operacionais. O kernel é o componente central de um sistema operacional, responsável por fazer uma interface em software dos programas com o hardware do processador. O kernel monolítico é escrito como um único programa, ocupando um espaço contíguo na memória do computador. Ele é contraposto com um microkernel, que oferece parte de seus serviços como programas independentes, que podem ou não ser carregados. Ao operar em diferentes máquinas, o microkernel oferece uma modularidade, sendo mais compacto.

necessário para as tecnologias da informação que surgem como uma extensão da cognição humana, algo que pode parecer contraintuitivo inicialmente.

Pensar numa **mente modular** pode levar à crença de uma **mente aditiva**, na qual todas suas funções são caixas-pretas que apenas se conectam a um centro de controle, à consciência e à inconsciência. O filme Matrix (1999) retrata um mundo virtual no qual os seres humanos foram aprisionados e uma realidade virtual por máquinas para se tornar uma importante fonte de energia. Os personagens, por possuírem uma interface cerebral, possuem a capacidade de hackear os seus próprios cérebros. Sempre que precisam de um conhecimento novo, podem “baixá-lo” pelas suas conexões cerebrais, tornando-se imediatamente proficientes no que precisam fazer. Aqui não há **acomodação**, aprender não altera o indivíduo, apenas torna-o capaz de fazer alguma coisa, como se aprendesse uma simples sequência de comandos para operar uma máquina.

A figuração de Gibson imaginava o mundo virtual como um espaço tridimensional, no qual as consciências dos seus protagonistas eram transportadas, enquanto seus corpos ficavam o mundo real. Talvez inspirado nos Head Ups Displays (HUDS), tecnologia militar para pilotos de veículos de combate, e nos primeiros experimentos de realidade virtual. Ele já propunha que haveriam novas formas de interação com os programas processados nos computadores, e já imaginava que as redes de computadores se tornariam verdadeiros espaços para não só a comunicação humana direta, como o sistema telefônico permitia, mas, talvez, para uma navegação em um mundo de dados. Ele imaginava um mundo paralelo, onde hackers poderiam viajar pelas redes para tomar o controle das máquinas de outros. Apesar de pioneiro, ele via nos primórdios das redes de computadores, uma terra de corporações e entusiastas, longe do grande público. Nos seus primeiros trabalhos, ele não podia imaginar a utilidade da rede como um espaço para acessar e trocar informações pessoais, e que haveria um movimento para sobrepô-la ao mundo concreto. Enquanto Gibson imaginava que nossas mentes entrariam em um mundo digital, o fenômeno oposto ocorre.

Trinta e oito anos depois do conto Burning Chrome, vivemos em um mundo onde a internet é ubíqua, facilmente acessível tanto por via cabeada, quanto sem-fio. Esse acesso costuma girar na faixa das dezenas de Mbps, suficiente para *streaming* de vídeo em alta resolução. O termo-chave é ubiquidade, ela tem guiado parte do imaginário do desenvolvimento da informática. A questão é como garantir o acesso e a conexão em qualquer lugar que estejamos. Dessa forma, torna-se possível uma **realidade aumentada** (*augmented*

*reality*, AR), uma sobreposição do espaço virtual sobre o espaço físico.

Graças aos *smartphones* a humanidade dá os seus primeiros passos em direção à **realidade aumentada** já é algo comum para nós. No futebol, o VAR, assistente de árbitro de vídeo, é capaz de projetar linhas de impedimento e as trajetórias de chutes em tempo quase real, tirando qualquer dúvida sobre um lance. Da mesma forma, pode-se usar o celular para traçar rotas pela cidade, encontrar caminhos para onde se quer ir, lojas e restaurantes a se visitar, e pode sugerir ao seu usuário, mostrar-lhe em um mapa, ou mesmo numa foto, onde esses recursos estão. A **realidade aumentada** também é capaz de arregimentar certas partes do mundo, tornando-as caixas-pretas, com entradas e saídas específicas. Para seguir as indicações de um aplicativo de mapeamento até se chegar em um destino, por exemplo, não é necessário nem mesmo se reconhecer um mapa da região em que se está.

Pode-se imaginar um óculos que é capaz de projetar imagens diretamente no olho de seus usuários, mas que também é dotado de câmeras, sistemas de processamento de imagem e uma gama de sensores de posicionamento que permitem que o óculos capture seus arredores. Com uma ferramenta dessas, pode-se criar um sistema para uma oficina de automóveis que seja capaz de diagnosticar problemas e projetar informações úteis para um mecânico que, com esses óculos, teria uma ferramenta a mais além de seus conhecimentos e sua experiência na hora de trabalhar. Ele poderia ser alertado se uma peça está quente demais, poderia identificar uma peça específica em um modelo de carro que não está familiarizado, e também poderia ter um retorno de quanta pressão está colocando em um parafuso (algo necessário para manter padrões de segurança), ou até poderia ter suas ações guiadas para fazer algo que desconhece, com os óculos indicando-lhe o que fazer a cada passo, e supervisionando seus resultados. Com um pouco mais de imaginação, pode-se pensar em outras interfaces guias que podem ser instaladas no corpo humano. Sensores de posição nas juntas, sistemas de posicionamento, termômetros, há uma série de informações que podem ser explicitadas pela tecnologia, gerando novas formas de feedback e de se realizar ações. A tecnologia toma para si a necessidade de se adaptar, e pode até controlar as percepções do seu usuário, dando-lhe habilidades cognitivas que não teria sem ela.

Ainda dentro das possibilidades da ficção científica, pode-se imaginar um implante cerebral que é capaz de ampliar os seus sentidos, além de projetar informações diretamente no seu campo visual. Talvez esse implante possa ser como um gênio maligno cartesiano, mudando as percepções de seu usuário para controlar suas ações, criando uma complexa

ilusão para seus fins malignos. Trocando a imagem de uma pessoa por outra, trocando as palavras que ela fala, mudando o seu senso de equilíbrio, o implante é uma via de mão dupla para entrar na mente do próprio usuário. Assim o gênio é um **daemon** (seção 4.1), um processo invisível que opera e complementa as operações da mente, e que já existe, pelo menos através da tecnologia *deep fake*.

A figuração da **mente modular** é limitada. No supracitado Matrix (1999), os personagens lidam com uma espécie de conhecimento “puro”, que lhes dá instantaneamente novas habilidades, um **daemon**. Ele é tratado, de novo, como uma caixa-preta que é instalada dentro da mente, basta acioná-lo, que ele funcionará. Este modelo de uma **mente modular compartimentalizada**, no qual todos os módulos são apenas peças que precisam ser instaladas em uma máquina, sem interferir em outras áreas. Ainda não é possível observar diretamente como o cérebro se organiza, mas sabe-se que a aprendizagem não é um fenômeno simples, é complexa, exigindo coordenações e reestruturações. Sabe-se que o ser humano também trabalha com conjecturas, estendendo os conhecimentos para além do imediato. Também sabe-se que seres humanos são capazes de uma interdisciplinaridade, aplicando conceitos e operações de um campo de conhecimento em outro. Não se pode separar o conhecimento do resto da mente, já que ela é um sistema com seus próprios elementos e organizações internas.

A **mente modular**, na verdade, deve ser entendida como estendível, e a figuração da realidade aumentada é um forte argumento para isso. A habilidade de ler e interpretar signos, quando dotada de uma infraestrutura de realidade aumentada, permitiria a uma pessoa expandir seu campo de atenção, coordenar-se com novos conhecimentos, e lidar com sua própria inabilidade. Essa infraestrutura, claro, depende da capacidade de interpretação do seu usuário. Os módulos não são internos, são externos também, representando as articulações do indivíduo com o meio.

Uma das questões-chaves do desenvolvimento da internet foi a URL (Uniform Resource Locator, ou Localizador Uniforme de Recurso), que gerou uma forma de se endereçar qualquer recurso através de diferentes redes, sem precisar saber em que computador especificamente ele ficava. Essa abstração torna o recurso em si endereçável, apesar do agente ser o servidor (quem mantém e comunica o recurso), criando uma interface de operações e serviços escondidos. Assim, a rede permite um descolamento geográfico, ela também permite um “acesso granular”, que Lévy (1997) chama de hipertexto, uma complexa rede de

referências cruzadas que permite que um usuário trace um caminho próprio no conteúdo online referenciando conteúdos, acessíveis com um clique. Ele também afirma que não se deve pensar em uma dicotomia entre sujeito e objeto, mas numa ecologia cognitiva na qual a mente teria acesso a uma modularidade, podendo se conectar a diferentes órgãos de pensamento por meio do ciberespaço. É necessário complementar Lévy, pois a **mente modular** que ele defende é uma mente líquida, fluída, capaz de se recompor criativamente. O que se propõe nessa tese é que a mudança requer processos internos, requer acomodações, requer sua própria estruturação e coerência interna (Piaget, 1996). Assim, a modularidade pode não ser consciente de suas mudanças internas, mas não deve ser entendida como um modelo compartimentalizado capaz de se acoplar a qualquer tecnologia, e sim um modelo que tenta manter uma determinada organização coerente, que precisa se adaptar e pode até mesmo rejeitar uma tecnologia, mas que consegue se expressar por meio dela também.

É necessário entender a construção tecnológica como uma abstração (biológica, social ou tecnológica) realizada sobre algum fenômeno da natureza, e é por meio da capacidade de acessar essa abstração que as ações humanas se projetam por um mundo novo aberto pela tecnologia. Esse acesso é tanto material quanto cognitivo, e quando a tecnologia gera atalhos valiosos para o indivíduo, ela é incorporada, passa a se tornar parte das ações comuns do indivíduo, que se torna dependente (não num sentido de vício) dela para manter sua estruturação (seu modo de vida). Da mesma forma, pode-se desenvolver tecnologias específicas para atender certas necessidades do ser humano e que se acoplem a alguns de seus hábitos, de forma invisível (criando tecnologias que não serão percebidas) quanto de modo visível (criando interfaces usáveis<sup>39</sup>).

Espera-se que, com a ideia de um acesso a um mundo, esteja-se ressignificando a utilidade da tecnologia. Apesar do desenvolvimento ser guiado por um fim, é quase impossível de se afirmar que a tecnologia carrega uma teleologia em si. Ela é um dispositivo, com uma construção social necessária ao seu redor, com discursos e entendimentos passados e reproduzidos, mas ela não os carrega em sua materialidade. Um *smartphone*, a janela para o ciberespaço, sem bateria não pode fazer muita coisa. Sem o conhecimento de como operá-lo, ou sem um conjunto de outros atores que o usam para se encontrar no ciberespaço, tão pouco.

A incorporação também ocorre com instituições. A automação, seja de processos industriais, seja de processos administrativos, é uma forma de incorporação que muda os

39 A usabilidade é um conceito utilizado no design para interfaces fáceis e agradáveis de se usar por um usuário qualquer. Ela é indiretamente relacionada ao tempo de decifrá-la (Nielsen, 2012).

sistemas e o funcionamento de uma instituição, exigindo novas competências, criando novos procedimentos e novos resultados. Essa incorporação permite até mesmo a revolução, que transforma radicalmente a instituição.

A Amazon Go (Coldewey, 2018) é uma rede de mercados da Amazon que oferece seus serviços sem um caixa, e sem o uso de dinheiro. Usando sistemas de monitoramento avançados, a própria loja é capaz de controlar o que cada uma das pessoas em seu interior está fazendo, quais itens retiraram da prateleira, o que lhes chama atenção e, quando o cliente sai da loja, cobrar automaticamente as suas compras a partir do seu celular. Essa rede não possui caixas e não usa dinheiro físico, reduzindo o número de empregados que ela tem e gerando dados sobre os hábitos e interesses dos seus clientes, mostrando um possível futuro para as transações comerciais que torna a antiga arquitetura de pequenos mercados ainda mais lucrativa reduzindo seus gastos. O limite dessa arquitetura é a completa automação das lojas, rompendo a lógica da relação de empresas e empregados, é uma máquina de compras. Talvez, projetando ainda mais à frente, a loja poderia ter sistemas de recomendação, já enchendo a sacola de compras do cliente antes que ele tome as decisões de comprar.

O biológico, o social e o tecnológico estão todos interligados, e suas fronteiras acabam sendo permeáveis e mutantes. Se uma verdadeira incorporação biológica, como o implante de chips, pode parecer distante, os processos cognitivos, as nossas assimilações e as nossas compreensões, já incorporam a tecnologia, tornando-se mais próximas de alguns, e mais distantes de outros. Assim, para se compreender como a tecnologia amarra e forma infraestruturas, deve-se pensar que os sistemas internos das entidades envolvidas se estendem para além de suas fronteiras, prolongando suas interfaces para os sistemas e subsistemas. Também é necessário entender que os limites dessas entidades, como os limites de seus corpos, são, na verdade, fronteiras produzidas pelas próprias entidades, interfaces para seus processos. As caixas-pretas são meras reduções de objetos e sistemas muito mais complexos, encaixadas em funcionalidades.

Pensando em um contínuo no qual pode-se destacar de uma estrutura esquemas específicos para ação sobre o mundo, pode-se dizer que essa estrutura se estende para o mundo e o mundo se estende para dentro dela. Assim, a assimilação adapta-se a tecnologia, conforma-se as suas estruturas, dependendo das suas respostas e resistências. Quando resiste demais, a tecnologia exige uma acomodação muito grande, uma renegociação das partes, um longo e novo aprendizado, uma reestruturação de como a ação será feita, exigindo do sujeito

um grande esforço de se adaptar. Aqui está a recusa que muitas vezes aparece no limiar do problema do “digital divide” como visto no capítulo 1, quando o acoplamento não é possível ou desejado pelo indivíduo. Mas não é esse o único problema do acoplamento entre seres humanos e máquinas, traça-se, na verdade, a possibilidade de um acoplamento automático, inconsciente, sensório-motor, que é capaz de mudar as ações das pessoas, talvez sem nenhuma tomada de consciência.

## 4.2 O Ciborgue

Em "O Homem Terminal" (Crichton, 1972), um homem que sofre de uma forma rara e grave de epilepsia recebe um implante no seu cérebro, um conjunto de eletrodos que curam sua condição através de uma estimulação eletrônica. O tratamento é necessário porque durante seus episódios epiléticos, ele também sofre uma mudança de personalidade e ataca violentamente as pessoas ao seu redor, sendo responsável por dois assassinatos.

No decorrer da trama, descobre-se que o implante, a união de ser humano e máquina, consegue impedir os episódios de epilepsia, mas não as mudanças de personalidade do paciente. Também se descobre que a estimulação cerebral ativa os centros de prazer do cérebro, criando um ciclo de retroalimentação que torna os episódios cada vez mais constantes. O livro é um *thriller*, cuja trama é sobre a criação de um perigoso e imprevisível psicopata que deve ser parado pelos médicos, mas que ilustra um risco em potencial da conexão cerebral com uma máquina: uma realimentação positiva, que exaspera certas partes de sua personalidade, enquanto reprime outras. Essa é uma figuração exótica, mas que nos traz um problema a ser analisado nesse capítulo, da potencialidade do acoplamento humano-máquina que pode ser visto no simples ato de se escrever um texto num computador, ou de se atender uma ligação de celular.

Há uma lógica redutiva ao fenômeno da tecnologia como sendo apenas uma interferência positiva, uma visão cibernética na qual há apenas uma retroalimentação e uma potencialização do que já está aí, determinado. No seu extremo haveria uma singularidade, o contínuo desenvolvimento explosivo da capacidade computacional e das suas interfaces, que levaria o ser humano a ser capaz de controlar todos os seus processos internos, reprogramar sua mente, adaptar-se a qualquer necessidade, como se fosse um ser humano ligado à Matrix. Só que a cibernética não pode resolver completamente os problemas que encontramos nas

nossas relações com as máquinas. As interações entre seres humanos e máquinas geram fenômenos novos, imprevistos, que não são determinados pelo projetista. Há um espaço para as particularidades do usuário, para *bugs* e *exploits*, assim como para as necessidades expressas na adoção da tecnologia, a questão é que também há espaço para surpresas. Em outras palavras, a interação entre usuário e máquina pode ser vista como uma comunicação, o que exige que ela tenha, também, uma interpretação:

“[...] Segundo o que analisamos, essa metáfora é fundamentalmente falsa, porque pressupõe uma unidade não determinada estruturalmente, onde as interações são instrutivas, como se o que se passa em um sistema em uma interação está determinado pelo agente perturbante, e não por sua dinâmica estrutural. Porém, é evidente, ainda que na vida cotidiana, que a situação de comunicação não se dá assim: cada pessoa diz o que diz e ouve o que ouve segundo sua própria determinação estrutural. Da perspectiva de um observador sempre há uma ambiguidade em uma interação comunicativa. O fenômeno de comunicação não depende do que se entrega, mas do que se faz com ele. E isso é algo muito diferente de ‘transmitir informação’”. (Maturana e Varela, 2003, pg. 196 trad. própria)

Se a inovação gera novas estruturações, a proposta de Latour parece levar a uma contradição: O movimento de aprendizagem leva a separação do sujeito e do objeto, mas a arregimentação leva a uma junção do sujeito com o objeto, até se tornar indiferenciável, tão alinhada às ações do sujeito que se torna imperceptível. Essa contradição é similar ao “determinismo de máquina” do capítulo anterior, mas não se baseia na premissa de que “o uso de uma máquina leva à descoberta de seus funcionamentos”, mas que “o uso de uma máquina idealmente se encaixa nas ações, até o ponto de esconder suas próprias interfaces”. Se a invisibilização da tecnologia parece ser um processo presente, ela não esconde seus efeitos emergentes e retroalimentações, na verdade forma **daemons**, criando interfaces para sistemas complexos.

Apesar de seu tema bastante complexo "Homem terminal" foi pensado em termos de uma cibernética de primeira ordem, um *bug* que ocorre em um sistema meramente técnico, ligado à mente de um paciente. Nessa visão, a conexão de máquina e mente tem uma função de retroalimentação, na qual estímulos de dor e prazer controlam os comportamentos do indivíduo, que são desreguladas pelo implante criando uma compulsão cada vez maior por matar. Traça-se o paralelo do humano-ciborgue com a Amazon Go e com os outros fenômenos discutidos na seção 2.3. A tentativa de se consertar um defeito na máquina orgânica gerou um problema inesperado para os médicos, um desbalanço que alterou profundamente a estrutura, tornando-o alguma outra coisa.

Os efeitos de retroalimentação já foram capturados pelo info-capitalismo, parte das métricas utilizadas em redes sociais como o Youtube e o Facebook envolve o tempo no qual o usuário ficará dentro da plataforma, *watch time*. Entre desenvolvedores de jogos, conceito do ciclo de dopamina é usado para se pensar em como dar recompensas para os jogadores de modo a tornar ótima a sua experiência. Essas experiências afetivas estão intimamente ligadas ao desenho, ao design das interfaces e dos sistemas dos jogos, mas também são usadas para criar uma relação afetiva, a base de vários modelos de negócio de jogos. *Loot Boxes*, sorteios de prêmios em partidas online que podem ser até mesmo itens cosméticos para os avatares dos jogadores, costumam ser modelos de monetização, permitindo que jogadores gastem dinheiro para comprar novos sorteios (Drummond e Sauer, 2018). A ligação do cérebro com a tecnologia tem duas direções, e há *bugs* e *exploits* na matéria orgânica.

*Nudgebots* (Lichard e Christen, 2020) são bots especializados para lembrar seus usuários de fazer certas ações, de modo a alterar o seu comportamento e seus hábitos. Um *nudgebot* simples pode ser um programa que envia mensagens periodicamente para o seu usuário lembrar de alguma coisa, incluindo mensagens que motivem estudantes a realizar atividades de aula, com impactos mensuráveis. Sistemas mais complexos de *nudges* podem utilizar o cruzamento de dados de sensores, análises de inteligência artificial, grandes bases de dados, além de outras formas de interface, para alterar o comportamento de seu usuário da forma mais agradável o possível. O *fitbit*, relógio que conta os passos de seu usuário e permite rastrear suas caminhadas por GPS, é um exemplo dessa técnica. Cada sensor, cada programa, permite a extração de uma característica envolvida na ação para transformá-la em um dado para o sistema, e não é muito diferente do visto no App usado por Silva (2017) que, ao simular o jogo da Torre de Hanói dava a capacidade ao usuário de contar, automaticamente, o número de jogadas feitas, algo que pode ser usado com facilidade para compor estudos e novos jogos, um novo “órgão cognitivo”.

A tecnologia não é apenas um agente passivo, mas ela definitivamente está num diálogo com o seu usuário, e pode penetrar no seu funcionamento mais interno. O desenvolvedor enxerga usuário como parte do sistema que ele vai desenvolver, e cria parâmetros os quais devem ser seguidos pelo usuário. Assim, o acoplamento com as máquinas a chave é entender que o acoplamento é feito para se ter acesso a um “mundo novo”, no qual certas limitações desaparecem, e potencialidades surgem. Esse acoplamento tem que ter um sentido para o usuário, e quanto mais ele permitir que haja uma conservação da estrutura do

usuário, mais bem-sucedido ele sera.

Assim, não basta falar de um usuário como um sujeito em si, uma unidade que será analisada e compreendida pelos desenvolvedores. Uma visão mais interessante é de que o usuário seja uma rede de esquemas, alguns dos quais terão conexão com a tecnologia, enquanto outros não terão, o ciborgue. O implante do Homem Terminal, assim como as interfaces cerebrais, são um destino, uma visão de que, eventualmente, a interação humanos e máquinas poderá se dar em um nível de integração biológica, uma utopia do que já existe, pois, uma vez dada, uma tecnologia pode se tornar uma extensão da ação humana. Essa visão pode parecer exótica ao questionar o paradigma de individualidade, mas a mente, pelo menos em um nível biológico, não precisa ser vista como atômica e monolítica, mas composta de partes diferentes que estão em um constante processo de reorganização.

O **digital divide** geracional, que se referia às habilidades que uma geração supostamente teria para usar as máquinas com as quais ela esteve imersa, na verdade se refere a falta de coordenações prévias e laços afetivos. Para o “imigrante analógico” é necessário engendrar novos caminhos mentais para um objetivo, o esquema encontra um outro que lhe oferece resistência, que aparece como agente. Só que esse imigrante também é um ciborgue, saiba ele ou não:

“As máquinas do final do século XX tornaram completamente ambígua a diferença entre o natural e o artificial, entre a mente e o corpo, entre aquilo que se autocria e aquilo que é externamente criado, podendo-se dizer o mesmo de muitas outras distinções que se costumavam aplicar aos organismos e às máquinas. Nossas máquinas são perturbadoramente vivas e nós mesmos assustadoramente inertes..” (Haraway, 2009, pg. 10)

A mente pode perder algumas de suas partes específicas sem que entre em colapso, pode, inclusive, perder o acesso à sua memória e ao seus mecanismos de organização da percepção, como evidenciado na seção 4.2. Assim, é necessário se pensar nesse sujeito como uma conservação de uma estrutura, que viaja e se conecta constantemente em outros agentes, que reforma uma rede ao seu redor, que possui pontos mais centrais, sem os quais pode se desintegrar, e pontos mais periféricos, os quais não são necessários. Esse sujeito cognoscente existe por produzir e reconhecer suas próprias fronteiras, algo que é visto no nascimento da inteligência na criança a partir do desdobramento dos atos reflexos em ações. O mesmo processo existe em todas as estruturas discutidas nesse, sejam elas biológicas, sociais, tecnológicas ou mentais. A própria materialidade, que foi apontada como uma importante característica presente até no trabalho informacional, nada mais é do a extensão material da

organização, e, como na fábula do barco de Teseu, pode ser sua composição material alterada, enquanto se conserva.

Se a tecnologia não é teleológica, ou seja, não carrega o seu fim, ela é uma construção a partir de uma amarração de infraestruturas (mentais, sociais, materiais...), e depende dessas infraestruturas para existir. Por outro lado, a tecnologia também gera um espaço de ações específicas, mas que será intermediado pelas suas interfaces. Não seria, então, a interface determinística, não seria ela responsável por potencializar e limitar a forma que a tecnologia será usada?

Essa pergunta é uma ressignificação do conceito de “determinismo de máquina”, no sentido de que a máquina passa a determinar o que ela pode fazer. Assim, a caixa-preta seria uma limitação imposta na instrumentalização da tecnologia e, como foi dito, num horizonte no qual essas interfaces são incorporadas pelos usuários, surge a sombra de uma **distopia da interface**<sup>40</sup>, segundo a qual um usuário está a mercê da interface desenhada pelo projetista.

Han (2017) usa o termo psicopolítica digital para se referir a um fenômeno emergente na sociedade da informação. A produção massiva de dados sobre a população abriu caminho para uma transparência excessiva, onde os limites do que é privado acabam sendo ultrapassados pelas TICs. As opiniões e as reações que a pessoa coloca em redes sociais, as formas como ela interage com a plataforma, seus relacionamentos digitais, dados de localização física são comercializados para se montar um perfil desse usuário, com os mais diversos fins<sup>41</sup>. O uso de *deep learning*, de técnicas de inteligência artificial, permitem descobrir diversas correlações inusitadas, colocando o sistema um passo à frente. Essa diferença, também apontada por Srniek (2017), é uma diferença epistemológica, pois o sistema possui conhecimentos inacessíveis ao usuário, podendo converter a liberdade trazida pelas tecnologias em coação positiva. O sujeito passa a depender da tecnologia, de sua intermediação, para acessar os benefícios que ela traz, e essa dependência, argumenta Han, é positiva, no sentido de que não traz resistências, reduz, ao máximo, sua oposição ao usuário.

Quando uma plataforma é capaz de recomendar um restaurante de acordo com o gosto do seu usuário, quando ela é capaz de lhe apresentar o conteúdo exato que ele está pesquisando na internet, quando ela lhe sugere novos contatos e novos grupos que se

40 As configurações de programas de computador, por exemplo, não são alteradas pela maioria dos usuários. Dessa forma, as configurações padrão (default) são determinantes para a experiência de quem usará o programa (Arthur, 2013)

41 Incluindo militares, o exército dos EUA comprou os dados de localização de um App de reza para islâmicos, o que torna possível mapear movimentos populacionais em cidades árabes (Cox, 2020).

encaixam com aquilo que o usuário deseja, quando ele é capaz de detectar doenças baseando-se apenas nas ações na plataforma, o acoplamento com a tecnologia permite alcançar alguns dos aspectos mais íntimos do indivíduo. Assim como a biotecnologia, essa “psicotecnologia” vai se granularizando, até encontrar os menores elementos que devem ser monitorados para se obter uma forma de controle. Além disso, os próprios sistemas apresentados são fluidos, não dependem de categorias a priori, mas de categorias que estão sendo constantemente construídas e reconstruídas, que mantêm a sua validade não por uma causalidade científica, mas por uma correlação que é mantida apenas enquanto se mantiver válida. Os sistemas são descobertos pela inteligência artificial a partir de rígidas demandas, mas seu funcionamento se torna fluído, dinâmico, um fluxo que nem sempre é conhecido pelos próprios projetistas. Han comenta que os sistemas que compõem a sua psicopolítica têm a capacidade de alcançar sentimentos e emoções com tal velocidade que escapam da racionalização, colocando-o em uma esfera reativa, de reações e respostas imediatas, alterando profundamente a sociedade e as relações interpessoais. Esse conhecimento baseado em correlações, conhecimento por simulação, *deep learning*, ou *dataísmo* se baseia em uma epistemologia própria, declarada, de modo bastante dramático, como:

“Adeus a toda a teoria do comportamento humano, da linguística à sociologia. Esqueça a taxonomia, a ontologia, a psicologia. Quem sabe por que a gente faz o que faz? A questão é o que se faz e como podemos acompanhá-lo, medi-lo com uma fidelidade sem precedentes. Com dados suficientes, os números falam por si mesmos.” (Anderson, 2008, trad. própria, n.p.)

Se, para Piaget, o sujeito e o objeto se separam a partir das resistências às ações, o fenômeno da incorporação é um desafio para a sua teoria. Primeiro, porque há um caminho da incorporação a partir da coordenação dos próprios esquemas de ação do sujeito. Uma ação que consistentemente alcança seus resultados tende a se focar nos seus elementos positivos, pois há uma “negligência dos elementos negativos, as propriedades positivas sendo, inicialmente, as únicas suscetíveis de reprodução” (Piaget, 1978). Assim, o usuário aprende a operar a interface por si mesma, ela se torna um objeto fechado, parte de seu mundo, mesmo que esconda uma série de **daemons** e outros processos ocultos. Em segundo lugar, o desenho das interfaces também é guiado. O projetista pode promover um movimento de incorporação e invisibilização na tecnologia, que não só se torna uma intermediária para um fim, mas passa a cumprir outras tarefas concomitantemente. O GPS do celular não é mais um simples sistema de localização, mas também de monitoramento, que compartilha os dados do usuário, e de geração de informações úteis para as plataformas sobre o usuário, baseando-se em um

acúmulo mecânico e constante de dados.

Seria a incorporação um problema necessário da adoção da tecnologia? Há como escapar das determinações desse acoplamento?

### 4.3 O Hacking como princípio de invenção

Seria a tecnologia uma espécie de maldição, um domínio por sistemas e máquinas invencíveis que se tornarão, em última instância, a realidade humana? Se a tecnologia como um sistema acoplado ao ser humano gera novas aberturas, novas formas de se ler o indivíduo, e de controlá-lo? E se a tecnologia encontrar maneiras invisíveis de se introjetar, de se granularizar, estaria a humanidade fadada a perder a capacidade de enxergá-los?

Essas questões tomam como verdadeiras uma série de premissas, mas, na verdade, o projetista não tem um poder total de controle sobre como os seus sistemas serão usados, e as interfaces não são determinísticas, não se estabilizam como uma forma eterna de como seres humanos farão as coisas. Há uma revolução potencial nos usos das tecnologias, e ela se dá num sentido tanto individual quanto social. E essa revolução é o **hacking**.

O **hacker** é uma figura que aparece no folclore da sociedade da informação. Ele é alguém com grandes conhecimentos técnicos sobre a infraestrutura tecnológica, o que lhe garante poderes muito além dos usuários comuns. É o aluno que consegue *hackear* o sistema da escola para alterar suas notas, é o pirata de softwares que distribui gratuitamente programas pagos<sup>42</sup>, é um criminoso que usa um *malware* para conseguir dinheiro, é o *whistleblower* que rouba informações confidenciais dos governos e as publica na internet, é o ativista do software livre que gasta horas colaborando com um projeto aberto, desenvolvendo uma ferramenta para o mundo, é o adolescente curioso que descobre uma fraqueza em um sistema que deveria ser seguro.

Nomes de figuras fictícias se misturam com o de pessoas reais, Kevin Mitnick, Julian Assange, Edward Snowden e Chelsea Manning, “Dread Pirate Roberts” e “Berkeley Blue”, Jeanson Acheta, th3j35t3r, Anonymous, Guccifer, e tantos outros. Algumas vezes criminosos, outras vezes heróis populares, os hackers criam e alteram sistemas, de modo muitas vezes ilegais, buscando explorar qual os limites das interfaces as quais tem acesso. Presentes desde os tempos pré-internet, o nascimento da cultura hacker se deu a partir da interconexão dos sistemas de computadores, nos primórdios do ciberespaço.

42 Geralmente denominado *cracker*, mas aqui essa distinção não é necessária.

“Esse é o nosso mundo... O mundo do elétron e do transistor, a beleza do baud. Nós usamos um serviço existente sem pagar, pois ele poderia ser barato se não fosse pelos glutões em busca de lucro, e vocês nos chamam de criminosos. Nós exploramos, e vocês nos chamam de criminosos. Nós buscamos conhecimento, e vocês nos chamam de criminosos. Nós existimos sem a cor da pele, sem a nacionalidade, sem religião, e vocês nos chamam de criminosos. Vocês constroem bombas atômicas, criam guerras, assassinam, trapaceia e mentem para nós e tenta nos fazer acreditar que é tudo para o nosso bem, e vocês nos chamam de criminosos.” (The Mentor, 1986, n.p.)

Essa ideia de um hacker como o habitante do ciberespaço, como alguém cuja mente se compreende essa nova realidade está intimamente ligada às discussões nos capítulos 1 e 2, nos quais se discutia a chegada da sociedade da informação como a chegada de um novo mundo, de um novo ser humano, com novas competências e uma outra inteligência, e o hacker é um ser desse mundo. Os livros cyberpunk inspiraram vários entusiastas que construíram as bases e se envolveram com a internet, ainda vendo que esse seria um “mundo novo”, um rompimento com uma antiga ordem, como coloca John Perry Barlow na “Declaração de Independência do Ciberespaço”:

“Governos do mundo industrial, seus gigantes de carne e aço, eu venho do Ciberespaço, o novo lar da mente. Em nome do futuro, eu peço que vocês, do passado, nos deixem em paz. Vocês não são bem-vindos entre nós. Vocês não tem soberania aonde nos reunimos.” (Barlow, 1996, n.p.)

Todo esse heroísmo pode contrastar com o surgimento do **info-capitalismo** e das plataformas que enraizaram as TICs na sociedade civil e seus governos, mas é esse espírito pioneiro, de mover-se, de abrir e modificar coisas, que traz uma pista sobre como superar as limitações que a própria tecnologia traz. A teoria piagetiana da abstração reflexionante descreve como se dá a mudança qualitativa na cognição, quanto os saltos do desenvolvimento tecnológico. A tecnologia, então, não deve ser vista como uma unidade, mas como uma configuração de entradas e saídas que trazem uma funcionalidade, e que pode ser ela o objeto de aprendizagem, não apenas um intermediário. Essa **caixa-preta** forma interfaces, o que pode esconder seus funcionamentos mais internos, fechando, também, sua operação em modos específicos. Se houver uma ressignificação a considerar a interface o objeto, o usuário se submete à **distopia da interface**, mas é justamente nesse local, onde a tecnologia se acopla na ação, que pode haver uma reconfiguração, surgem os *bugs* e *exploits*, surgem, também, novos usos emergentes quando o usuário consegue fugir dos desenhos e das especificações limitantes da caixa-preta e subverter os **daemons** para fins que não foram previstos.

**Hacking** seria mais do que essa visão glamourosa de um expert, seria então, a ativa

subversão das interfaces e a exploração do sistema para se alcançar um objetivo que, a princípio, a máquina não foi desenhada para fazer. Mesmo que a primeira imagem seja de um expert extremamente habilidoso no uso da tecnologia, muitas vezes o hacker é conhecido não pelo conhecimento, mas por um feito extraordinário quase acidental. Um dos primeiros *phreakers* (*hacker* das linhas telefônicas) foi Joybubbles, que descobriu, aos sete anos de idade e por acidente, que podia passar sinais para os sistemas das centrais telefônicas assoviando em certas frequências. Com essa técnica ele conseguia fazer ligações à distância como se fossem locais. Depois de um tempo ele entrou para a comunidade *phreaker* onde conheceu John Draper que descobriu que poderia usar o apito que vinha de brinde em um cereal matinal. Pela sua descoberta, Draper passaria a ser conhecido como Capitain Crunch, se tornando uma figura muito influente na comunidade.

Nesse sentido, o **hacking** também é invenção e descoberta, planejada ou esporádica, só que dirigida à infraestrutura tecnológica na qual a pessoa se insere. Um usuário também está hackeando um app qualquer se usá-lo de uma forma imprevista, para a qual não foi projetado; quando está usando uma VPN, um *adblocker* ou uma outra ferramenta para anonimizar seus dados; quando usa um app ou plataforma menos conhecida; quando altera as configurações para que o sistema lhe sirva melhor; quando reprograma o app ou contribui diretamente para o seu desenvolvimento. O **hacking** é uma subversão contra as imposições da arquitetura, de modo a manter alguma coisa do usuário no seu acoplamento. Mais do que isso, é uma postura ética de se trazer os objetos e as tecnologias para a luz, de realizar um “desacoplamento”, de estranhá-los e estudá-los.

Processos evolutivos são históricos, carregam no seu interior uma continuidade mantida em um equilíbrio. Se houver um desbalanço muito grande, o equilíbrio pode ser rompido, gerando a quebra do sistema ou exigindo uma quantidade de energia para adaptação que nunca será alcançada. Isso também significa que certas idiossincrasias estarão presentes nas estruturas<sup>43</sup>, incluindo discursos e entendimentos. O problema é justamente esse, até que ponto uma estrutura é tensionável? Até que ponto ela pode ser desequilibrada enquanto ainda pode gerar uma adaptação?

O **breakdown**, o momento em que o acoplamento gera resistência e aparece por si, é

43 Um exemplo similar ao ponto cego do olho humano: O sistema de endereçamento da internet, baseado em endereços IP, foi originalmente projetado para ter 4,3 bilhões de endereços possíveis para todas as máquinas na rede. Esse limite já foi alcançado, e o sistema de endereçamento usa sistemas como Network Address Translation para continuar operando sem problemas. O IPV6, um substituto para o sistema original, começou a ser desenvolvido em 1998 e, apesar de já ser funcional, ainda não se tornou o modo de endereçamento padrão de computadores na internet.

visto como um momento de rebeldia da máquina, ela não pode ser vista como uma entidade à parte, ela não pode se impor ao usuário. Por outro lado, um outro tipo de **breakdown**, evidenciado nas entrevistas do capítulo 6, é o da insuficiência da máquina, quando a frustração, dessa vez, se dá pela falta de capacidade do acoplamento. É a falta de memória, a demora no processamento, a obsolescência que torna a máquina incapaz de uma determinada tarefa, um **breakdown** especificamente na junção entre usuário e máquina. Um terceiro tipo de **breakdown** provém do **hacking** como uma ação deliberada em que um ator busca os limites das interfaces às quais tem contato, algumas vezes retorcendo-as, outras vezes criando novos elementos, novas tecnologias e práticas, para gerar um rearranjo dos fluxos de suas ações.

A questão não é como se formam as novidades, mas como as novidades permitem uma reorganização e potencialização que vão para além das restrições da interface. Nesse sentido, o hacking também navega entre a familiaridade e a incompreensão, duas faces de uma problemática da tecnologia. Se a familiaridade leva a uma conformação silenciosa, a incompreensão também é um risco, quando a tecnologia surge e se torna incompreensível, se rebelando contra o seu usuário, é o retorno ao monstro de Frankenstein. Quando ela acontece, o acoplamento com a máquina é abandonado, ela se torna um outro mundo inacessível. Essas duas faces convivem dentro da tecnologia, a qualquer momento ela pode mudar, rebelar-se, impedindo a pessoa de ter acesso ao mundo. Se não houver espaço para um **breakdown**, a tecnologia se torna impeditiva e limitante, podendo trazer uma recusa da tecnologia, uma ida ao outro lado do quadro de composições, para o desinteresse. Talvez haja um afastamento maior ainda entre o sujeito e a tecnologia, quando o desinteresse é substituído por uma sensação de ameaça, afinal, parece haver um balanço entre a necessidade de coordenações para se aprender a usar uma tecnologia contra a arregimentação, qual dos dois elementos do acoplamento irá se dobrar mais?

O ciborgue deve ser visto como um campo de potencialidades novas, uma rearticulação possível somente com o casamento humano e máquina, um acoplamento estrutural que servirá de uma infraestrutura para novas ações. Nesse casamento também há uma compressão, o conhecimento que o ciborgue precisa para agir sobre o mundo se destaca dos conhecimentos que foram necessários para construí-lo, inclusive pode-se dizer que muitas de suas ações se descolam do espaço de representações do seu desenvolvedor e caem em um novo espaço sensório-motor, com uma nova orientação, onde inovações são possíveis, criando

problematizações imprevistas. Ele também passa a depender de novos mecanismos para continuar sua existência, sua equilíbrio não se dá apenas sobre o campo biológico, mas sobre as novas tecnologias que ele incorpora. Se ele depende de um motor, precisará se alimentar de combustível, passando a depender da infraestrutura que o produz e distribui. Da mesma forma, o ciborgue da sociedade da informação passa a depender de acesso à internet, de serviços, recursos e plataformas online, de novos programas e novas funcionalidades. Sem elas, ele até pode reverter a um momento anterior, mas não poderá continuar existindo como um ciborgue.

Se o uso leigo da tecnologia já inclui por si um potencial de inovação, a perspectiva hacker nos mostra que tratar a tecnologia não como uma caixa-preta fechada, mas como uma gama de sistemas e subsistemas em interação que podem ser explorados, gerando novos caminhos, novos atalhos e novas caixas-pretas que podem ser substituídas para se reformular o acoplamento ciborgue à medida em que for necessário ou interessante.

Uma estrutura não existe por si só ou em relação ao resto do mundo mas exige uma criação constante de suas fronteiras, que existem apenas dentro dos fenômenos que ela está imersa no mundo. Essa fronteira é constantemente transformada à medida em que a estrutura se mantém em existência, num movimento de equilíbrio (que pode ser extremamente complexo, como no caso das estruturas mentais humanas) e é justamente essa reconfiguração que a inovação tecnológica nos traz. A exploração dessas fronteiras pode ser o campo no qual a ação individual encontra formas de se expressar para além daquelas determinadas pela interface, buscando *bugs*, *exploits*, formas novas e inusitadas de arregimentar a tecnologia e No próximo capítulo, serão analisados alguns caminhos pelos quais a reconfiguração da escola e do ato de ensinar podem ser importantes para uma educação para a sociedade da informação.

## 5. As TICs e a Educação

Seria possível usar um conceito de professor hacker? E o que esse conceito traz para as mudanças nas relações de ensino e aprendizagem?

No caso específico do ensino, o digital divide foi apresentado (no capítulo 1) como um problema duplo, de novas necessidades e novos meios para a educação. A educação deve preparar para uma vida “ciborgue”, uma pessoa que terá que viver utilizando ferramentas digitais, seja para exercer sua cidadania, seja para sua vida pessoal. Da mesma forma, a também se fala de uma “**educação ciborgue**”, porque se acopla às tecnologias (assim como as organizações das instituições), por meio das quais o ensino será feito.

Há décadas já se imagina as possibilidades que os computadores e a telecomunicação trazem para a educação. A promessa é a possibilidade de usar a simulação como uma ferramenta de ensino e aprendizagem, possibilitando que os alunos programem, criem simulações, manipulem objetos virtuais, lidem com maquetes, robôs e infográficos, de modo a possibilitar que os alunos tenham experiências de aprendizagem diferentes. De certa forma, a tecnologia aparece como novos órgãos cognitivos possíveis para um aluno, que passa a ser capaz de usar novas formas de expressão e manipulação de assuntos e conceitos em suas aprendizagens, impossíveis sem o computador. Esses mesmos órgãos serão necessários para a sua vida na sociedade – é impossível, por exemplo, pensar em um profissional de contabilidade que não utilize algum software para agilizar seu trabalho. Essa é uma face do **digital divide**, que traz a questão de como garantir que os alunos tenham acesso às tecnologias que serão necessárias para o seu futuro, e como garantir o desenvolvimento de habilidades transversais para o seu uso, que vão além do saber-fazer e consigam alcançar uma certa operacionalidade entre diferentes softwares e plataformas.

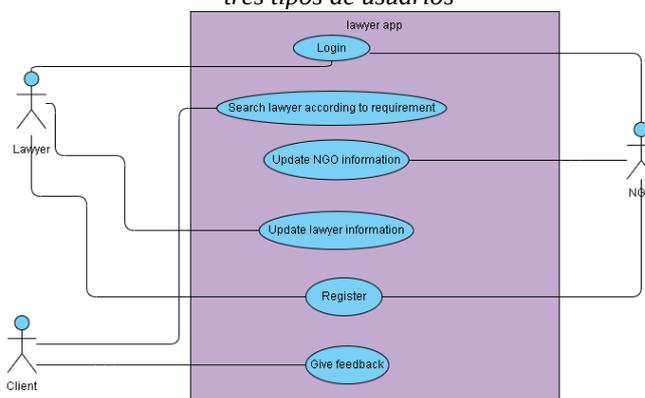
Mas há um problema trazido por Latour (2017). O acoplamento a uma tecnologia é uma arregimentação, uma organização, uma estruturação, que potencializa certas ações. Como o usuário lida com as interfaces, e não com o objeto técnico em si, a tecnologia pode ser um sistema de controle por sua positividade (Han, 2015). Ela pode, muitas vezes, multiplicar as possibilidades das ações, mas também pode facilmente restringi-las, limitando por sua arquitetura, monitorando e se apropriando do que ela produz, ainda mais no momento em que usuário e máquina se tornam indistinguíveis, pontualizados.

## 5.1 O Computador entra na Escola

À primeira vista, a entrada de uma tecnologia na educação pode ser vista como um problema de caixa-preta: deve-se instrumentalizar os alunos sobre como usá-la para fazer uma determinada tarefa. Cursos de graduação costumam ter disciplinas de **introdução à informática** (DEPARTAMENTO, 2020), nos quais há um foco em se instrumentalizar o aluno para usar o computador<sup>44</sup> para os usos que terá no curso. Isso se torna especialmente necessário quando um programa como o pacote *Office* se torna um meio padrão para entrega e formatação de trabalhos, quando a universidade possui um sistema de biblioteca online, e é necessário que se use um Learning Management System (Sistemas de Gestão de Aprendizagem, LMS) como o Moodle<sup>45</sup>. Essa instrumentalização também requer a disponibilização de materiais tutoriais e até cursos de referência (LUMINA, 2020). Esse uso da tecnologia requer a especificação dos elementos e dos procedimentos, da interface da tecnologia, o que deve ser feito para se alcançar um determinado fim.

Esse modelo está amarrado ao próprio design das interfaces e ao projeto da tecnologia, principalmente pela adoção da Unified Modeling Language (Linguagem unificada de modelagem, UML) na engenharia de software, uma ferramenta genérica para sistematizar o projeto de softwares (UML.ORG, 2017). Diagramas de Casos de Uso, parte da UML, modelam especificamente os agentes e as ações do software disponíveis.

Fig. 16: Exemplo de um simpls diagrama de casos de uso, com três tipos de usuários



Fonte: wikimedia<sup>46</sup>

44 Computador num lato senso, como a máquina informacional que dá acesso às plataformas, podendo ser um computador, um laptop, um terminal, um smartphone, etc.

45 O Moodle é um LMS em software livre que é bastante utilizado por sua modularidade. Disponível em <https://moodle.com/>.

Nesta formulação, a educação para se usar uma máquina está reduzida apenas a um treinamento. O usuário atua como se fosse um dos gatos de Thorndike (Piaget, 1987), que deve associar em sua memória quais botões, quais movimentos, levam a qual fim. Ela está em um reino puramente sensório-motor, é uma **aprendizagem de rota**, existindo anteriormente à representação. A instrumentalização é limitada, pois se foca em um saber-fazer sobre uma ferramenta específica. Ela é contraposta com uma abordagem que se comprometeria não apenas com o uso do equipamento, mas com as formas de uso em si, vendo-o como uma competência geral, já que não há como saber quais ferramentas específicas serão necessárias para o aluno em sua vida. Essa abordagem é do letramento, termo criado na alfabetização para ressaltar que o processo deveria ir além do mero reconhecimento dos símbolos e a tradução fonema - grafema na linguagem para ser alcançada (Soares, 2004). Essa mesma forma de se pensar cria o termo letramento digital (Ribeiro, 2013) quando aplicada às TICs. Mesmo que o letramento possa ter várias significações, dependendo do autor, o termo se refere a uma educação que possa responder aos problemas colocados no primeiro capítulo desta tese. Dessa forma, quais seriam os critérios para se pensar nas competências necessário para essa nova realidade? Quais são as práticas importantes para a sociedade da informação?

Pensando dessa forma, o letramento digital não ocorre sobre um objeto, nem sobre uma classe de objetos, mas sobre uma categoria de fazeres. Isso abre uma multiplicidade de modos (multiletramento de Araújo et al, 2014), e pode até mesmo incluir habilidades de consulta a documentos na internet, de produção e curadoria de materiais hipermidiáticos, envolvendo tanto aspectos cognitivos quanto socioemocionais (Eshet, 2004). Na verdade, ele também se estende por outras formas de letramento, como o midiático e informacional (Wilson et al., 2011), que podem exigir competências digitais, se constituindo, na verdade, de um mundo de propostas na educação.

As tecnologias entraram na educação como serviços, como modos de se fazer alguma coisa, abrindo um campo de possibilidades pedagógicas. Acontece que a entrada também é o problema. Foram trazidas duas imagens nessa tese, a primeira foi a do monstro de Frankenstein, que ilustra uma tecnologia como um **objeto estranho**, que desafia a cognição e cria uma ruptura nos fazeres; a segunda do Jogo da Imitação, que ilustra a tecnologia como um **daemon**; ou seja, um serviço cujos funcionamentos são imperceptíveis após serem incorporados. De um lado, ela exige uma reorganização das atividades de ensino, do outro,

encaixa-se quase sem resistências.

Pode-se pensar em um curso de introdução aos computadores (Taylor e Shankar), inserindo no currículo conceitos transversais da computação, como por exemplo: o que é um processador, o que é um algoritmo, o que são periféricos, sistemas operacionais, inteligência artificial, comunicação em rede, etc. Essa disciplina que promove uma visão geral não é uma forma suficiente para se promover o letramento digital, isso seria propor que o mundo das ciências da computação é o mesmo mundo dos *fazer*s possibilitados pela informática na educação. Os sistemas com os quais as pessoas interagem estão tão distantes da máquina que as plataformas até parecem ser independentes, desconectadas das infraestruturas de hardware e software. Enquanto muitas pessoas podem se interessar pela ciência da computação, essa desconexão pode levar a um distanciamento entre o assunto e a prática, e questiona-se se esse tipo de curso seria suficiente para proporcionar o letramento digital. Para Piaget, as ações partem de uma simples organização imediata, de um reconhecimento de objetos (e ícones), para uma coordenação que extrai os efeitos das próprias ações e que assimile fenômenos mais transversais.

“a ação constitui um conhecimento (um *savoir faire*) autônomo, cuja conceituação somente se efetua por tomadas de consciência posteriores e que estas procedem de acordo com uma lei de sucessão que conduz da periferia para o centro, isto é, partindo das zonas de adaptação ao objeto para atingir as coordenações internas das ações” (Piaget, 1978, pg. 172)

A mudança qualitativa do conhecimento é a possibilidade de sair de uma ação imediata, ou reativa, e entrar em um campo de planejamento, possibilitado quando as ações adquirem a reversibilidade na mente do sujeito. Isso ocorre não a partir da ação, mas da coordenação das ações. Nesse sentido, deve-se relevar que a proximidade entre os conceitos estudados e as ações realizadas é um aspecto fundamental para se desenvolver um letramento digital, e que deve-se imaginar as interfaces escondem uma série de componentes. Dessa forma, o processador é um **daemon**, o sistema operacional inteiro é um **daemon**, ambos escondidos na relação do usuário com as interfaces. Quantas vezes um aluno que esteja usando um LMS terá que se preocupar com o tipo de processador, a quantidade de memória ou o sistema operacional que o servidor possui? **Daemons** precisam ser revelados, sua existência precisa ser trazida para fora da **caixa-preta** por meio de **breakdowns** que os coloquem efetivamente como elementos da organização. Dessa forma, um caminho importante para o letramento é a criação, a partir das ações, de entendimentos e teorias que permitam que o aluno planeje o uso do sistema:

“Há a inversão total da situação inicial, e a conceituação fornece à ação, então, não mais apenas planos restritos e provisórios que serão revistos e ajustados durante a execução, mas [...] [uma prática que se apoia] em teorias” (Piaget, 1978, pg. 175)

Não deveria, então, ser somente a operação da máquina em si que elenca a aprendizagem das habilidades transversais? Isso não quer dizer que conceitos e problematizações não devem ser trazidas, mas é uma retomada, até certo ponto, das observações de Prensky (2001) sobre o que ele imaginava constituir a geração dos “nativos digitais”. O uso gera a familiaridade, o exercício abre espaço para a construção de competências gerais e, se Prensky acreditava que as gerações nascidas na era da informática teriam uma maior facilidade de se deslocar por esse mundo, era porque elas teriam o contato desde novas<sup>47</sup>. Tudo isso não é para se questionar a importância dos conceitos das ciências da computação e de outros conhecimentos mais abstratos relacionados às TICs, mas para se apontar que a educação para o letramento digital será potencializada, por essa perspectiva, ao se trabalhar a partir dos fazeres e das ações que já surgem a partir do acoplamento dos seres humanos e da informática. De novo, há uma inteligência sensório-motora que existe além da inteligência representativa. Ela é um saber desorganizado, mas que serve de base tanto para novos fazeres, quanto para conceituações e tomadas de consciência.

A educação também poderá ser potencializada se aceitar esse acoplamento. Não é difícil olhar para além dos programas e das plataformas usuais para se ver as possibilidades que o computador traz para a educação. Se Srniek (2017) e Han (2014) criticam o conhecimento simulacional como uma espécie de tentativa de apagar a política por trás dos dados e se tomar atalhos irresponsáveis em processos de decisão, escondendo o conhecimento de causa por trás de algoritmos, Kay (1972) aponta as possibilidades pedagógicas desse modo de conhecer. A simulação permite dar uma certa concretude para o conhecimento, manipulá-lo, observar os resultados da mudança entre parâmetros. Usando computadores, é possível criar trabalhos que incorporam a lógica do hiperlink (Dutra e Lacerda, 2003), que mantém um histórico de versionamentos, ao mesmo tempo que permite que os alunos criem ligações entre os seus próprios trabalhos. Essas possibilidades se multiplicam quando se incluem outras tecnologias, robôs educativos, smartphones. Pode-se facilmente usar filmes em trabalhos, fazer gravações do ambiente, usar localizadores de GPS, projetar informações via realidade aumentada e até mesmo usar *bots* educativos. Na internet há uma gama de materiais online

47 É importante reafirmar que o **digital divide** de Prensky existe como a necessidade de investimentos e políticas para que todos tenham acesso e a competência para utilizar as TICs, uma vez que elas se tornam parte vital da sociedade.

também e comunidades de especialistas e entusiastas que podem participar da educação, a wikipedia, enciclopédia digital mantida por voluntários e pela organização não governamental (ONG) wikimedia, é um dos sites mais acessados da internet, e esta tese conta com ilustrações provenientes da wikimedia.commons, um repositório de recursos digitais abertos que também faz parte da mesma organização. Também há a perspectiva do pensamento computacional (Brackmann, 2018), que consiste no uso de problemas da computação, tais como catalogação de dados representação de um problema por meio de um algoritmo e uso do pensamento recursivo, na educação também é uma outra forma de se problematizar a computação no ensino.

A tecnologia mostra o seu potencial para a educação como um inacabamento (Freire, 2013), um campo de possibilidades que exige que o docente trabalhe com ele, manipule-o, teste-o e altere-o. A questão é incorporar as suas possibilidades para a educação, e isso é fundamentalmente um trabalho de invenção que o professor deve realizar sobre suas próprias tarefas. Este é o primeiro argumento para um ensino hacker, no qual a tecnologia como um objeto estranho pode ser problematizada, gerando novas atividades educativas, ao mesmo tempo em que estão lá, estão sendo tensionadas e exigem que o aluno exerça e desenvolva suas competências sobre as TICs. Apesar disso, a abertura para o novo e a presença do objeto estranho podem significar uma ameaça para o professor. “É importante que os professores se sintam confortáveis e convidados na aproximação e utilização dessas ferramentas, para então, utilizá-las não apenas como ferramentas, mas para guiar e problematizar o uso que os jovens estão fazendo” Ribeiro (2013), que complementa “O professor ainda está muito apegado ao tradicionalismo tendo ou não condições de evoluírem tecnologicamente”. Uma das motivações para se pensar na tecnologia como um **objeto estranho** e até mesmo assustador está na forma como se compreende as falhas no acoplamento (não o **breakdown**), que exige que se desfaçam os nós e os caminhos já utilizados para refazê-los acoplados à máquina, que aqui já não está mais escondida. Essa aparente necessidade de se reaprender o que já se faz coloca o professor como ultrapassado, coloca nele a incapacidade de se renovar diante da inovação. Isso é uma questão de perspectiva, pois, como será argumentado na próxima seção, muitas vezes a tecnologia entra de forma imperceptível nas práticas. Assim, a perspectiva hacker para o ensino é quando há a possibilidade de explorar a **caixa-preta** tanto como parte do planejamento, quanto da execução, encontrando maneiras de se manipular suas entradas e saídas e suas respostas. É abrir espaço para que a pedagogia se expresse pela tecnologia,

mantendo a autonomia (Freire, 2013) e a autoria do professor, e abrir espaço para que os alunos também manipulem a tecnologia, de modo a poder extrair suas próprias teorias de como as suas interfaces funcionam.

Elementos complementares da computação e da sociologia surgirão como elementos terceiros, que devem se apoiar nas compreensões das ações dos próprios alunos. Assuntos como “privacidade online”, questões técnicas como problemas de conectividade de internet, entre tantos outros, serão necessários para essa formação, mas aqui sugere-se que eles não farão sentido se não forem sentidos nos usos e nas ações que serão realizadas sobre a tecnologia na sala de aula. O que essa proposta de ensino hacker traz é uma forma de se recolocar o professor como o centro criativo e organizativo do ensino, numa tentativa de se resolver essa pressão constante que a tecnologia parece colocar sobre a escola, que leva a afirmações como acima que o professor “tem que evoluir”. Nesse caso, o ensino hacker se torna uma questão de resistência do professor, que se torna mais urgente com um segundo processo que ocorre na emergência da sociedade da informação.

## **5.2 A Escola entra no Computador**

O complexo fenômeno pelo qual as tecnologias são criadas como inovações e disseminadas pela sociedade é um embate de discursos, de interesses e necessidades, que se expressam quando a tecnologia se torna uma infraestrutura; ou seja, o meio que determina e potencializa ações. Inevitavelmente, a adoção da tecnologia é vista como uma marcha inexorável do progresso, ainda mais quando ela está de acordo com interesses hegemônicos. Nesse sentido, o surgimento da sociedade da informação não deve ser visto como um simples acaso, uma simples descoberta de um mundo de possibilidades aberto pela tecnologia, ou uma utopia de um desenvolvimento histórico, mas como algo menor, vindo de uma promessa de acesso e o que é entendido como uma comodidade provida pela tecnologia. Já se falou sobre essa promessa em um nível individual e em um nível social, mas ela deve ser analisada em um nível institucional. A automação é a criação de máquinas que potencializam o trabalho humano ou o substituem completamente em um processo. Inicialmente, se deu com o uso de máquinas a vapor e teares mecânicos, permitindo que a primeira revolução industrial alterasse profundamente o modo de produzir, dando uma nova escala para o trabalho de um tecelão. A informática dá novas dimensões para a automação, permitindo que ela atinja até mesmo

processos de aprendizagem e tomada de decisão.

Nonaka (2007) esquematiza a criação do conhecimento não para um indivíduo, mas para uma instituição. Para ele, um processo (administrativo, industrial...) é um conhecimento compartilhado entre as pessoas da organização. Esse conhecimento é explícito, estando nas explicações conscientes, nos manuais, na linguagem, ou tácito, quando está nas competências do trabalhador, nas suas ações. Seria na passagem, tanto na criação de regras e procedimentos (tácito para explícito), quanto o treinamento de um novo membro da instituição (explícito para tácito) em que ocorrem as mudanças qualitativas desse conhecimento, permitindo tanto que ele se desenvolva, quanto que ele seja codificado e capturado. O conhecimento explícito, o código, o algoritmo, nada mais é do que uma formalização de um processo, e quando pode ser feito por uma máquina ele pode ser automatizado. A automação é um desenvolvimento bastante específico, a criação de uma tecnologia, a arregimentação dos elementos para criar estruturas técnico-sociais, de modo que as ações realizadas em uma instituição se tornem aceleradas, potencializadas, por esse acoplamento. Uma tabela compartilhada pela internet pode acelerar imensamente processos administrativos ao eliminar a necessidade dos agentes humanos terem que se deslocar fisicamente para copiar e repassar dados e informações. Por esse motivo, antes mesmo de terem se difundido como meios de ensino e aprendizagem, os computadores já estavam na escola como ferramentas de secretariado e administração.

Assim, retoma-se o **digital divide** como uma ameaça à obsolescência para se entender o avanço, quase inexorável, da tecnologia sobre as formas de se organizar. Aqui, os programas, os sistemas, as plataformas e suas arquiteturas, não apenas geram e carregam discursos, mas são produzidos nos seus jogos de poder, e um discurso especialmente poderoso é o discurso da eficiência procedural. Se a tecnologia entra na administração das empresas, ONGs e instituições governamentais, não há porque não se pensar na sua inserção na educação, o que se poderia chamar de uma *plataformização da educação*. Isso significa que devemos olhar, também, para os fenômenos emergentes que surgem quando a educação passa a incorporar a tecnologia.

Khan (2013) traz uma visão deste mundo. O fundador da Khan Academy, uma ONG orientada para a construção de materiais didáticos online e gratuitos, relata que sua jornada na educação começa com suas experiências de tutoria à distância para sua sobrinha. O contato com o que ele chama de “o velho método da sala de aula” o levou a desenvolver uma metodologia própria de ensino, que inclui materiais educativos e um esboço de uma teoria de

conhecimento. Khan critica a rígida divisão curricular, a passividade do aluno na sala de aula, a padronização das aulas e a dificuldade de se atender às dificuldades individuais dos alunos, mas são as soluções propostas por Khan são interessantes: Vídeos curtos, que isolam um conteúdo, explicando em uma lousa digital de maneira despersonalizada, enquanto explica um conceito ou demonstra um procedimento. O currículo dividido em pequenas partes, de modo a atender descrever os processos de construção de conhecimento de um modo quase atômico, passo-a passo. Há méritos na metodologia e nas concepções de Khan, mas é interessante como elas se conformam às especificidades da tecnologia, ele cita que parte de suas escolhas se deram por conta de falta de recursos, como o fato das aulas não serem filmadas, excluindo um interlocutor, o que ele acredita ser “uma distração para os conceitos discutidos [...] o tempo de contato pessoal pode e deveria ser uma coisa separada da exposição inicial de conceitos” (ibdem).

Khan (ibdem) também apresenta uma epistemologia que está de acordo com o sistema de videoaulas. Ele enxerga que o fator principal da aprendizagem é a memória e a conexão de ações e conceitos em uma sequência para que se tornem corretas, uma formulação muito similar à dos gatos de Thorndike e à teoria das Tentativas (Piaget, 1987). Essa construção epistemológica está de acordo com o sistema montado, alinhado a um sistema de videoaulas “granular”, que isola a explicação de cada conceito para facilitar os estudos de um aluno. Se o conhecimento é uma sequência, seu problema está nas “lacunas” que surgem, os passos, as definições, que o aluno não consegue se apoiar para seguir adiante:

"Todo aluno esquece coisas ou, por uma combinação de métodos de ensino falhos e limitações humanas, deixa de captar alguns conceitos e conexões cruciais. [...] Uma lacuna ou concepção errada num tema anterior torna-se um ponto fraco para o assunto subsequente. [...] nosso cérebro parece trabalhar com o máximo de eficiência quando auxiliado por associações, por elos. Quando falta um elo — por exemplo, se não entendemos muito bem como uma divisão simples evolui para uma divisão longa —, nós mesmos podemos identificar a raiz da dificuldade. Isso sugere a aparentemente óbvia maneira de corrigir as lacunas e os lapsos: voltar atrás e rever o conteúdo até o conceito fazer sentido; melhor ainda, tentar aplicá-lo ativamente num novo contexto. [...] Ademais, uma vez que a repetição é parte essencial da aprendizagem — uma parte física da aprendizagem, na criação e no fortalecimento dos caminhos neurais —, o processo de revisão de um assunto deve resultar numa compreensão mais profunda e duradoura. (Khan, 2013, pg. 41)

O que é interessante é que Khan afirma que é contrário às rígidas divisões das “disciplinas tradicionais”, onde o conteúdo é fragmentado, perdendo o seu fluxo e sua naturalidade, e propõe a construção de um mapa de conhecimentos como uma forma de

correlacionar os diferentes conteúdos que construiu. Na sua concepção, o problema não é a forma como as disciplinas são montadas, mas a forma como os conteúdos são **dispostos**, que acredita resolver ao propor ligações entre os conteúdos trabalhados nas aulas. Nesse caso, volta-se ao conceito de hipermídia de Lévy (1997), Khan adapta o currículo tradicional a uma realidade onde o hiperlink e o endereçamento direto de recursos (como uma URL) é possível, mas cabe questionar se essa disposição supera o problema das disciplinas.

Chama-se atenção para a Khan Academy porque ela alia uma série de possibilidades trazidas pelas TICs à educação, como a ampla possibilidade do estudo individualizado, o acesso imediato e simultâneo a determinados materiais, a extração automática de estatísticas sobre o desempenho do aluno. Khan (2013) afirma que não propõe uma forma de se encerrar o ensino tradicional, mas um olhar crítico revela que essa entrada das TICs é, também, uma entrada da automação na educação. É possível dar responsabilidade à máquina para fazeres na educação, e Khan até faz uma interessante defesa do papel do professor, apontando-o como o responsável por diagnosticar e apontar soluções para problemas de aprendizagem, afirmando “O complicado é o seguinte: quem vai tomar a iniciativa e assumir a responsabilidade de identificar as lacunas e conduzir revisões do material anterior para corrigi-las?” (ibidem). Ocorre que a utopia de Salman Khan não necessariamente é nova, ela não escapa de uma série de discussões já presentes na educação, especialmente o valor de se pensar que ela seria a escrita de processos na mente dos alunos.

O que é educação? Essa pergunta é o centro de uma disputa de instituições e recursos e suas respostas apontam discursos, apontam interesses e propostas de como essa instituição deve ser e o que ela deve fazer e como fazê-lo. Diferentes modelos educacionais atribuem diferentes papéis, organizações e metodologias aos professores e alunos, mas cada modelo depende de ferramentas, de competências e de tecnologias. É importante não cair na ideia do **determinismo da máquina**, mas no acoplamento entre seres humanos e máquinas, já que elas também possui agências e limitações. A máquina não determina um mundo possível, mas cria um mundo de maior potência.

Freire (2012) traz o conceito de *educação bancária* como um foco exagerado no desempenho medido dos alunos (geralmente em provas) que é atribuído à sua capacidade de se apropriar dos ensinamentos dos professores e se fundamenta numa quantificação da aprendizagem. As métricas para essas medidas, segundo Freire, submetem o ensino a uma lógica de desempenho que tolhe parte das ações possíveis para o professor, impedindo que

muitas necessidades de aprendizagem dos alunos sejam encontradas e atendidas. Na verdade, a própria avaliação do aluno pode acabar se tornando uma espécie de certificação. É similar ao que O’Neil (2017) observa nas chamadas Armas de Destruição Matemática, um sistema de métricas e extrações que não leva em conta todo o processo, mas que impõem questões específicas, tal como a nota em provas. Assim, a adoção de um sistema que é feito para um procedimento específico potencializa que os professores ajam de determinada maneira, o que pode atacar a *autonomia docente*. Será que um professor deve ser meramente um facilitador, ou um interpretador de um conteúdo para que o aluno possa reproduzi-lo? Khan parece concordar com Freire, mas se ele foca sua crítica nas divisões das “disciplinas tradicionais”, pode-se dizer que o seu método é eficaz para todos os diferentes estilos de aprendizagem?

A entrada da tecnologia na educação traz um risco real ao colocar um novo agente no polo docente/discente. Deve-se notar que o sistema pode ser inflexível, pode tirar a agência do professor, impedindo-o de produzir seus próprios materiais e provas, ou até mesmo de arredondar as notas ou ignorar uma falta de um aluno. A questão é que a tecnologia não é necessariamente uma aliada. Piaget argumenta que a aprendizagem parte de uma indiferenciação, um saber-fazer que pode ser eficiente, mas é desorganizado, desprovido de uma operacionalidade e, nesse sentido, a educação não é apenas sobre como fazer o aluno realizar uma tarefa, mas promover meios para que ele faça, e tenha sentido no que ele faz. Ensinar “não é transferir conhecimento, mas criar possibilidades para sua própria produção ou a sua construção” (Freire, 2012).

E a entrada da tecnologia na educação não se dá sem motivos, ela dá acesso a um mundo de materiais e técnicas diferenciadas; enquanto traz a automação, facilita a geração de dados e a gestão da instituição. Por outro lado, essa entrada pode “pontualizar” o processo, retirando a agência do professor, integrando a tecnologia intimamente no seu fazer a ponto de que um não pode ser distinguido do outro. Para o **info-capitalismo**, não é o professor, mas as informações que ele possui e os procedimentos pelos quais elas se efetivam que é medido o seu o valor. Busca-se a “explicitação” do docente, fazendo com que a máquina é arregimentada para que os seus fazeres se multipliquem, se automatizem, e sejam capturados. As possibilidades trazidas pelas tecnologias digitais são tão grandes que até mesmo os espaços e os tempos escolares podem ser transpostos para plataformas, mesmo aquelas que não foram feitas para a educação.

Piaget (1996) apresenta a aprendizagem como um caminho de separação e tomada de

consciência, mas a arregimentação técnica pode gerar a pontualização, um domínio onde partes da ação podem até mesmo serem tiradas do sujeito e colocadas na tecnologia<sup>48</sup>. Esse estranho acoplamento entre humanos e máquinas efetivamente retira a necessidade de esquemas e coordenações internas e os coloca fora do indivíduo. Essa tese propõe que essa externalização se constitui em um movimento em direção contrária à necessidade da compreensão, é um fazer sem compreender, o que parece estar profundamente ligado ao fenômeno da tecnologia e das interfaces e é um desafio real para a educação na sociedade da informação.

Um ensino ciborgue seria um ensino que não pode ser feito sem o aporte técnico, que requer tabelas específicas para se dar notas, onde os trabalhos são enviados em uma plataforma que controla rigidamente as datas de envio, que até dispensa chamadas por poder usar uma identificação automática dos alunos, ou que inclui *nudgebots* que controlam os tempos do estudo fora da sala de aula. Isso não é um problema em si, mas pode tirar do professor e do aluno a sua liberdade, automatizando parte de suas ações que se tornam “pontualizadas”. Não há mais uma entrega do trabalho, há um envio no sistema que (pode) não exigir explicações. Não há mais tarefas de casa, mas há um horário específico de tarefas que o aluno deveria realizar determinado pelo seu *nudgebot*. Não há mais separação de tempos e espaços dos alunos e dos professores, já que um aplicativo de mensagens pode interromper o antigo horário de trabalho do professor, e criar um novo regime, potencialmente intermitente, de trabalho.

A tecnologia pode vir com um discurso de necessidade, de um novo que substitui o passado, trazendo a ideia de que sem ela está a obsolescência; ao mesmo tempo que permite que novas relações de trabalho sejam colocadas dentro de seus sistemas. Entusiastas sempre podem insistir que será alcançada uma massa crítica, quando a adoção das tecnologias resolverá os problemas que elas trazem. Mas, se o professor e o aluno não tiverem voz nessa inserção da tecnologia, chega-se ao que Freire (1996) chama de um domínio de determinação, uma aceitação acrítica porque “não há outro jeito”. O que acontece quando não há consciência na adoção de uma tecnologia? E quando ela se torna pontualizada? Nesse caso, o domínio da

48 A pontualização não deve ser vista como um fenômeno necessariamente ruim. No exemplo dado do desenvolvimento tecnológico do fogo, pode-se dizer que um isqueiro é uma pontualização se comparado com outras técnicas, como a fricção e a pederneira. Uma pessoa que usa o isqueiro requer um menor dispêndio de energia, e as coordenações manuais para manipular as tecnologias anteriores são reduzidas a um apertar de botão para produzir a chama.

Ocorre que a pontualização muda a forma de se relacionar com a técnica por trás da tecnologia, muda o conhecimento necessário para se lidar com ela e, idealmente, o substitui por um daemon.

determinação é criado pela arquitetura da infraestrutura tecnológica.

Pode-se pensar que um olhar crítico irá simplesmente rejeitar as possibilidades da tecnologia, e será avesso às inovações. Ele pode ser até mesmo vir através de uma simples recusa de se abraçar a tecnologia, de se mudar os fazeres já comuns nas estruturas escolares. Não porque um professor e um aluno não possam trabalhar com técnicas que seriam consideradas obsoletas, a partir de um ponto de vista hegemônico, mas porque há um verdadeiro interesse e conflito de discursos. Afinal, se o professor e o aluno serão os usuários do sistema, porque não são eles que interagem com o desenvolvedor? Porque não seria possível pensar em uma multiplicidade de modos da educação ciborgue?

Para se ter autonomia, é necessário ter clareza da prática, é necessário “conhecer as diferentes dimensões que caracterizam a essência da prática” (Freire, 1996). Acontece que a tecnologia não é um domínio da transparência, é um domínio de uma assimetria epistêmica, de diferentes saberes que necessitam ter um domínio sobre uma série de fenômenos para se objetificar um processo. A máquina invisível é um problema como a máquina desumana, pois ameaça a autonomia com a inserção de **daemons** nas ações que podem gerar um controle pela positividade<sup>49</sup> (Han, 2014). A educação tem que discutir e entender a diversidade epistêmica proporcionada pela tecnologia, da mesma forma que os alunos possuem “órgãos diferentes” que propiciam fazeres diferentes, e as ferramentas da informação multiplicam essas diferenças. Trata-se assim de ter acesso às ferramentas que tornam os fazeres mais eficientes, mas também de entender que elas não devem inviabilizar a autonomia da relação professor e aluno. Deve-se imaginar como será esse humano ciborgue da sociedade em rede, se os centros de coordenação de suas ações estarão internamente, em sua cognição, ou externamente, inscritos na inflexibilidade arquitetural e na pressão por se adotar a tecnologia.

49 O controle negativo também está aí, no discurso da obsolescência. No momento em que há pressão para que haja a adoção da tecnologia, seja pela impossibilidade de concorrer, seja pela força do discurso pela adoção.

## 6. Um Ensaio sobre a Tecnologia no Ensino

Um olhar mais amplo evidencia que toda a escola é uma tecnologia, pois tanto a arquitetura dos prédios, as funções administrativas, os currículos, os planos político-pedagógicos, o quadro, as carteiras, os projetores, os livros didáticos, tudo faz parte de uma classe de sistemas que foram desenvolvidas para a educação. Mas se o uso das tecnologias no ensino não é uma novidade, o conceito de uma educação ciborgue propõe que há ações educativas que só são possíveis de serem realizadas pela arregimentação de recursos específicos, com especial atenção às TICs. Dessa forma, deve-se olhar para as próprias atividades pedagógicas como uma invenção, façam elas uso das inovações tecnológicas disponíveis na sociedade ou não. O professor é um inventor e, nesse sentido, suas ações devem ser analisadas como invenções, pois resultam de um processo de organização (equilíbrio e arregimentação) que envolve suas competências articuladas sobre os recursos que ele encontra nesse mundo, que ele é capaz de reconhecer, ou não. A teoria piagetiana indica que há mais de um regime nas ações educativas, sendo que um deles consiste na mera aplicação ou reprodução de uma técnica social. O que vai se abordar neste capítulo é que há um regime de uma tomada de consciência do professor sobre suas próprias ações, a medida em que ele acha necessário repensar e planejar os seus fazeres. Eventualmente, essa conscientização poderá criar estruturas de compreensão das tecnologias que existem ao seu redor, abrindo a possibilidade de um ensino no qual ele será capaz de explorar as tecnologias que usa e modificá-las e subvertê-las em prol de sua própria autonomia, em prol de marcar o seu fazer sobre a arquitetura que o cerca.

Neste sentido, é possível contrapor as observações teóricas com o que é expresso na fala de professores. A proposta inicial seria acompanhar um grupo de professores em uma oficina, desenvolvendo uma atividade pedagógica utilizando tecnologias do seu dia a dia. Por meio de grupos focais<sup>50</sup> (Gatti, 2005), seria possível acompanhar os processos de tomada de consciência conjuntas sobre diferentes aspectos encontrados a partir desse planejamento. Dadas as circunstâncias (seção 1.3) nas quais essa tese foi escrita, foi necessário adaptar a proposta, e foi organizado um ensaio metodológico com entrevistas semiestruturadas (Mattos, 2005). O objetivo dessa atividade, inspirada em modelos do grupo focal, era observar que elementos os professores traziam nas suas falas, deixando-os descrever suas atividades

50 Projeto aprovado pelo comitê de ética e registrado na Plataforma Brasil, número 37827.

quando usam algo entendido como uma tecnologia na sua prática, esperando registrar como eles relatariam como interfaces e como ações necessárias sobre elas. O foco foi em ações educativas gerais, mas é importante apontar que a adoção do ERE guiou boa parte das respostas. Os apontamentos mais específicos sobre essa situação estão colocados na seção 6.1. Foram realizadas apenas dez entrevistas (de A a J) no período de Junho a Agosto de 2020, utilizando uma plataforma de *webconferência*. As entrevistas foram gravadas e transcritas, e os professores foram selecionados usando apenas um critério, de estarem trabalhando em uma escola com ensino de jovens e adolescentes. Eles foram encontrados por indicação direta como pessoas que gostariam de relatar sua experiência com tecnologias. Dessa forma, a análise aqui presente não é um estudo exaustivo, mas serve como um ensaio de uma metodologia de pesquisa. As perguntas desenvolvidas foram:

1. Cite uma tecnologia que você usa no seu dia a dia. O que ela te permite fazer? Você a usa para trabalhar?
2. Como você usa essa tecnologia?
3. Você acha que essa tecnologia te limita? Quais? Como ela poderia ser?
4. Que implicações você vê no uso dessa tecnologia?
5. O que você gostaria de fazer com uma ferramenta tecnológica?

Este ensaio foi construído não como uma forma de se confirmar os pressupostos teóricos desenvolvidos, mas buscar vê-los em ação a partir da fala dos professores. Essa análise de discurso foi baseada não no consenso e no dissenso, como seria em Gatti (*ibidem*), mas na forma como os professores descrevem suas ações, inspirando-se no trabalho sobre avaliação escolar de Macedo (2010). Como o autor explica, “na busca incessante de respostas à pergunta ‘o que é isso?’, surgem duas outras nos vêm em socorro ‘como fazer?’ e ‘por quê?’”. Isso está fundamentalmente relacionado com a perspectiva de Piaget (1978), segundo a qual a teoria é extraída a partir da prática<sup>51</sup>, no sentido de que os conceitos e as explicações que estão amarradas ao que se faz. Dessa forma, Macedo (*ibidem*) propõe que uma pessoa pode expressar o seu conhecimento a partir de um caráter duplo da organização cognitiva, que está expressa na estrutura e na função, a primeira que comprometida com a caracterização do objeto (noção ou conceito) e a segunda com os procedimentos, “os caminhos ou soluções que

51 Isso não significa que a teoria não pode guiar a prática, ou que não há uma aprendizagem conceitual. A inteligência formal é capaz de alterar as ações do sujeito. Há esquemas sensório-motores, há esquemas conceituais (Montanegro e Maurice-Naville, 1998), acontece que há um modo que há uma estruturação mental, pelo qual estes esquemas se coordenam. Coordenações ativas, conscientes, são apenas uma parte das coordenações totais, daí o motivo pelo qual não se basta a instrução verbal, pois são as ações que vão gerando coordenações entre os esquemas e a sua reestruturação.

tornam o objeto possível” (ibidem). Essas formas estão intimamente relacionadas à internalização ações já que, como propôs Piaget, com a operacionalidade surge a possibilidade de se reconstruir a ação, de se revertê-la, de contrapô-la a outras ações e de isolar os seus componentes, abrindo formas de explicação. A proposta de Macedo (2010) também lembra os diagramas de caso de uso (seção 5.1) que, em sua linguagem, isolam as entidades que compõem um objeto tecnológico (estrutura) e indicam suas relações funcionais. A questão é até que ponto os professores, ao falarem de seus fazeres sobre a tecnologia, trarão aspectos estruturais e funcionais dela em relação às suas propostas pedagógicas?

O objetivo não é traçar um paralelo das descrições com os diagramas, o que seria uma reafirmação do determinismo da máquina). As categorias estruturais e funcionais, na verdade, serão um ponto para se indicar como o professor entende o seu fazer e reconhece as limitações que a tecnologia utilizada traz, e que tipo de estratégias ele busca para lidar com **breakdowns** e manter sua autonomia docente. Em outras palavras, quais elementos ele é capaz de reconhecer, as interfaces que ele opera, **daemons**, bugs e exploits que experimentou.

Junto com as perguntas, foram escolhidas dois casos para serem apresentados aos professores de modo a trazer as respostas para discutir as questões desejadas. O primeiro foi um “caso de provocação” para ser apresentado durante as entrevistas, a proibição francesa do uso de celulares nas salas de aula (FRANÇA, 2018). Espera-se, com essa provocação, trazer para a conversa com o professor o elemento do celular como tecnologia na educação. O segundo foi o próprio ERE, sobre os horários de atendimento dos alunos, até que ponto a rotina da “escola remota” se compara com sua rotina original. Essa comparação, novamente, deveria direcionar as respostas dos professores a contrastar o ERE e o ensino normal.

### **6.1 As respostas dos professores sobre a adoção da tecnologias**

A primeira observação foi que as respostas dos professores dificilmente levam em conta as suas ações operacionais imediatas, já que elas dificilmente falam sobre o passo-a-passo de como agir no sistema, tornando a comparação com um diagrama de casos de uso um tanto espúria. Nonaka (2007) já considerava que a explicitação, essa transformação do conhecimento tácito em explícito, é um trabalho cognitivo em si mesmo. Isso está de acordo com Piaget (1974), que afirma que a tomada de consciência é posterior à ação, e condicionada a uma necessidade de se teorizar sobre o fazer. Talvez por isso os professores extraem alguns

elementos, principalmente conceitos-chaves, que usam para se referir a certas funcionalidades da tecnologia que utilizam. Essa diferença pode ser vista na adoção dos próprios professores que já usavam alguma ferramenta tecnológica em suas atividades. Foi (A) quem descreveu uma de suas atividades pedagógicas de um modo mais próximo aos diagramas de uso, trazendo elementos e interações:

“Eu peguei a ferramenta, coloquei a ferramenta no quadro, e desafiei eles a tentarem, eles mesmos, já que a gente tem os *Chrome Book*, e eles tem o *touchscreen* na tela [ele faz um gesto como se tocasse na tela]. Então eles mesmos pegavam a ferramenta do *Google Earth* e iam abrindo ali, iam deslocando, dando zoom. Eles tinham que achar no mapa. [...] Aí eu fazia eles fazerem essa distância [gesticula novamente], para ter essa noção do que é perto, do que é longe, do quanto tempo de avião. O *Google* te permite ter isso, ele diz de avião, de a pé, de carro, de trem, ele dá todas as opções” (A)

Nota-se como (A) descreve as interfaces e os meios gerais de operação, sem, claro, chegar ao nível de detalhamento que um diagrama de operações deveria ter (indicar quais ícones, quais interfaces seriam usadas). Essas explicações demonstram uma extração de quais funções dos programas permitem que se chegue nas relações que o professor quer demonstrar, as relações de distância, usando a projeção do mapa, uma ferramenta de zoom e o cálculo de tempos de viagens diferentes, parando por aí, indicando um reconhecimento de elementos que são necessários para a proposta e que serão operacionalizados pelos alunos. Contrasta-se com a descrição de (G) sobre uma proposta de atividade, ainda não implementada, em educação física:

"Já no outro município que eu trabalhava, que eu trabalho ainda, eu nunca tinha feito essa experiência, porém, no início desse ano, eu tinha feito uma proposta de também fazer algo semelhante, só que nas aulas presenciais, com o meu acompanhamento, deles gravarem os movimentos que a gente fazia em aula pra depois editar em vídeo, e fazer uns questionários para propor um trabalho juntamente com a professora de artes, propor um trabalho científico. Uma pesquisa dentro da sala de aula." (G)

(G) não se refere aos elementos, mas às ações gerais que deseja fazer por meio da tecnologia. Talvez ainda esteja trabalhando em um reino de possibilidade, talvez ainda não tenha encontrado um software ou uma plataforma para fazer as gravações e editar vídeos, mas há a expressão de uma necessidade clara e uma busca por uma solução.

Nas entrevistas, os professores rapidamente elencaram os aplicativos e plataformas que descobriram e utilizam no seu dia a dia, mas, ao responder sobre como os usavam, dificilmente entravam nesse estilo de discurso enumerativo, focando-se em qualificar seus fazeres. As entidades listadas como tecnologias usadas no dia a dia foram: Celular, Internet, o

aplicativo de mensagens Whatsapp e a plataforma de videoconferência Zoom. Especula-se que o motivo pelo qual essas entidades foram selecionadas pela importância que elas assumem na organização da escola (especialmente Whatsapp) e na adoção do ERE. Elas aparecem mais como um espaço que modula os comportamentos de aula, do que uma interface em si, como aponta (C):

"Eu acesso ele [aplicativo Whatsapp] no meu celular, com os alunos eu procuro ser, até pela minha posição de professor, procuro ser um pouco mais formal, claro que não tão formal que assuste eles, mas evito fazer o mínimo de brincadeiras, porque senão o grupo vira uma bagunça. Tento ter uma linguagem clara, objetiva com eles, né. Nessa época da pandemia a gente está tentando fazer uma aproximação com eles, porque tá muito tempo fora da sala de aula. Embora os meus alunos sejam, na maioria, adultos, eles também precisam desse acolhimento, a escola está sendo bem sensível a isso, e os colegas também.

Então, eu procuro utilizar eles somente, eu dou aula à noite, então procuro usar ele somente nos dias que eu trabalho, no horário que eu trabalho, para que a minha rotina também seja respeitada. Não só a minha, como a deles também. Então eu tenho esses requisitos assim, de uma certa formalidade, e um respeito ao meu horário de trabalho."  
(C)

Nesse sentido, torna-se necessário resgatar o ciberespaço como uma figuração. Nesse sentido, a tecnologia não é nem um **objeto estranho**, nem um **daemon** (uma tecnologia escondida), mas algo entre esses dois polos, um espaço (**ciberespaço**) reconhecido, já que ele traz um **modo de fazer** diferente do modo de fazer tradicional. Entendendo a tecnologia como um espaço talvez jogue uma luz sobre essa percepção de todos os entrevistados de que não é o técnico em si, os fazeres na plataforma, mas os comportamentos que são interessantes. Os elementos das interfaces e as limitações estruturais da tecnologia são muito poucas vezes citados. Ainda sobre o que foi trazido por (C), a reclamação não foi sobre a forma que o aplicativo Whatsapp o conecta com seus colegas e alunos, ou da falta de um comando ou uma opção para configurar horários de recebimentos de mensagens, mas da necessidade de se criar um modo de trabalhar, uma cultura e uma disciplina nesse espaço. Assim, deve-se **entrar nesse ciberespaço**<sup>52</sup> para acessar as ações novas e importantes (como dar aula à distância), e essas ações são providas por **daemons**, serviços e limitações invisíveis, mas que eventualmente podem aparecer. Há uma sombra do que foi discutido no capítulo 1, uma ameaça aos professores de que é necessário se adaptar:

"Essas utilizações de material de aproximação virtual se tornaram,

52 Ao contrário da Matrix de Gibson, o ciberespaço é uma pluralidade. Pode-se dizer que haverá vários ciberespaços, cada um definido e percebido como uma configuração de necessidades específicas de uma pessoa e as TICs que as atendem.

assim, uma ferramenta que a gente acaba tendo que se adaptar e utilizar. Só que, claro, com a pandemia, a gente teve que fazer isso do dia para noite, e a dificuldade de acesso deles é enorme, é bem complicado de conseguir trabalhar e propor coisas que eles consigam acessar dessa maneira. Bem difícil mesmo. (G)"

Esse regime de aparecimento é extremamente importante para se discutir a tecnologia na educação. O **ciberespaço** é entendido também pelas próprias resistências que ele gera, pelas necessidades que ele traz. Vários entrevistados comentaram sobre os limites das aulas à distância. (G), comenta:

"Me limita muito porque, como falei, né? A Educação Física, minha disciplina especificamente, ela precisa que as pessoas se movimentem. É impossível você querer aprender a chutar uma bola sem chutar uma bola. Por mais que a gente fique olhando mil vezes o Neymar chutando a bola, ou o Ronaldinho, ou quem quer que seja, a gente não aprende a fazer sem fazer de fato. Isso é uma coisa de memória motora, de construção de terminações nervosas, fisiológicas e culturais, também, né?" (G)

Mas, se há limitações estruturais trazidas pelo ciberespaço das aulas à distância, há um regime de invenção (ou reinvenção) dos professores ao adaptarem suas aulas. Durante o período da entrevista, a adoção do ERE acabou forçando vários professores a se adaptar rapidamente a uma forma de ensino à distância. Refletindo sobre sua nova prática, (C) chegou até a lamentar que "As aulas à distância acabam sendo meio tradicionais, o professor passando os slides", pois não conseguiu adaptar suas práticas à plataforma. Claro, essa adaptação não gerou necessariamente uma perda na qualidade na educação, pelo menos num caso foi dito o contrário:

"Teve professor que melhorou inclusive, as suas aulas. Engraçado isso, né? Eu percebo que é claro, porque exigiu mais dele, é alter ego, né? 'Como é que eu vou baixar o nível da aula que eu tava dando e agora vou dar uma aula qualquer? Eu tenho que dar uma melhoradinha'. E como tem professor que dava aula de um jeito dentro da sala de aula e que, de repente, se deparou com a tecnologia e a aula dele baixou horrores!" (H)

Essa digitalização do ensino não foi um simples encaixe, mas um acoplamento que gerou todo um mundo, ressignificando ações antigas, exigindo uma renegociação de papéis, espaços e tempos, indo além do simples dar a aula. O **ciberespaço** se tornou um local de tensões e disputas de poder, um dos principais sintomas vistos pelos professores é a quebra dos tempos de escola, de trabalhar fora dos seus horários de trabalho para atender as demandas da escola, agravada, com o ERE, pela necessidade de atender demandas dos alunos.

"Tem uma questão de invasão do espaço do professor, agora com essa questão da pandemia. Eles cobram e pressionam muito que a gente se aproxime mais. Eles cobram, por exemplo, que eu dê meu telefone celular particular para os pais poderem conversar diretamente comigo.

Apesar de eu viver em um mundo tecnológico, eu evito bastante essa coisa de ficar o tempo inteiro pressionado pelo tempo do celular, quando toca, quando aparece ali a mensagem, tu tem que pegar e ver quem é, quem foi, porquê?" (G)

Há uma sombra das questões apresentadas na seção 5.2, da captura das ações dos professores pelas tecnologias que utilizam. Esse fato tensiona as categorias estruturais/funcionais de Macedo (2010), pois mostra o objeto como um agente ativo, conformando o fazer do professor, disciplinando-o agora (ver citação de (C) acima, onde o entrevistado fala sobre sua disciplina de uso do Whatsapp para aula). Às perguntas originais parece surgir uma nova, que diz "o que ele te faz para a resposta "ele me faz trabalhar fora do horário".

Ribeiro (2013) comenta que, para a adoção de uma tecnologia, é importante que os professores se sintam confortáveis e convidados para sua utilização. Nesse caso, nota-se a valorização do conhecimento instrumental e da fluência no uso da tecnologia, de modo a tornar a operação da máquina o mais invisível possível. O **breakdown**, o momento de rebeldia dos **daemons**, parece ser o momento em que o fazer do professor é comprometido pela máquina, o que contrasta com o que foi caracterizado como um ensino hacker:

"É, e a gente brinca muito que o problema é na pecinha que está na frente do computador, e não no computador, porque muitas coisas acontecem, muitos caminhos. Desde ligar o computador, o site que tu entra, daqui a pouco é o navegador que não tá atualizado, aí se a pessoa ali que não se deu por conta conta.. [...] Quando a gente está em uma sala e aula com computadores, é importante ter alguém que, além de ter, não precisa nem ter todo o conhecimento do mundo, mas ter a coragem de entrar ali,. 'Vou clicar ali, vou ver o que acontece, se não der certo vou procurar outro caminho...'" (E)

A possibilidade de adoção de uma solução técnica está intimamente ligada a esse saber-fazer operacional socializado, constituindo um tutorial o qual remete ao conhecimento explícito de Nonaka (1997). Isto se revela como a formulação de um passo a passo que permite navegar com alguma segurança pela tecnologia e que pode ser reproduzido pelos seus usuários, um conhecimento de rota ou uma instrumentalização. Um tutorial pode parecer uma espécie de fazer sem conhecimento, não só os computadores podem ser configurados, mas seres humanos também podem adquirir uma certa capacidade não-fluente sobre uma tecnologia quando providos de um passo a passo. A princípio, a relação desse conhecimento com a invenção é antagônica, mas é dela que depende a inovação, no sentido de mudança de prática de uma comunidade. Isso fica bastante claro em duas falas de (H):

"Tem uns que pegam esses aplicativos de montagem de video, inclusive, é o [One]shot. [...] E aí o que eu fiz um dia? Eu tenho

dificuldade, também, eu não sou a pessoa. Meu celular, coitado, ele tá que nem telefone fixo, de tanta coisa o coitado saturou. Então eu uso às vezes o celular da minha filha que é melhor que o meu. [...]

Então ela me ajudou, eu montei esse vídeo com uma aula de história, [...] peguei o vídeo montamos, foi um pouco difícil, confesso pra ti, mas beleza, botei lá! Já tenho três, quatro professoras utilizando aquele aplicativo. Então, às vezes, eu percebo que também é um pouco aquela coisa do estímulo, né? A gente como gestor tem que estar sempre em volta disso, assim, estimulando, com paciência." (H)

"Uma coisa é tu ter um roteiro do que tu tem que fazer, quando entra no sistema, e outra é tu estar ali, na frente da TV, de uma máquina, tentando aprender! [...] Isso nos limita muito, a faculdade que não nos deu conhecimento, acho que a secretaria de educação, a mantenedora, não deu esse embasamento pro professor." (H)

O ensino ciborgue, ou seja, quando o professor usa uma tecnologia no seu ensinar, exige um regime de trabalho colaborativo, num sentido de que divide competências específicas entre seus agentes. Como, normalmente e em um nível operacional (ver seção 7.1) a máquina está fechada em si e não possui reciprocidade com o seu usuário, não há a possibilidade de cooperação (Montanegro e Maurice-Naveille, 1998), ou de renegociação com ela. Quando uma máquina se rebela se constitui um **breakdown** que nem sempre pode ser rearticulado, se o professor não puder operar os elementos e criar um desvio para sua ação. Isso está presente na fala:

"a gente está em uma sala e aula com computadores, é importante ter alguém que [...] [tenha] a coragem de entrar ali, 'Vou clicar ali, vou ver o que acontece, se não der certo vou procurar outro caminho...". (E)

O uso da máquina via um conhecimento tutorial permite substituir um entendimento geral da máquina, uma capacidade mais transversal, para adotá-la com menos resistências, mas transfere parte da responsabilidade da ação para a máquina. Claro, uma proposta seria catalogar os **breakdowns** possíveis e criar listas de soluções que permitiriam circunvenção os problemas conhecidos em uma plataforma (como a bicicleta de Turing, seção 3.4), mas isso não leva em conta que o professor sempre será um inventor em sua ação.

Deve-se tomar muito cuidado com as definições de ensino ciborgue e ciberespaço, elas não devem ser fechadas ao redor de uma única plataforma. As arregimentações, os modos de agir dos professores em conjunto com as máquinas podem surgir de várias maneiras, talvez incluindo ações intercaladas com diferentes tecnologias e aparelhos, e quanto maior o número de elementos disponíveis, mais extensiva seria uma base de dados de tutoriais. Na descrição de (F) sobre como utiliza recursos de hipermídia com seus alunos, nota-se a série de elementos elencados na solução que foi encontrada para se usar vídeos em sala de aula:

“O único local que tem acesso à internet na minha escola é a secretaria, para fazer a parte administrativa, né? Mas a gente não tem nem um computador, nada disponível na escola nem para o uso individual, no meu planejamento, e nem para utilizar com os alunos, né?”

[...] Baixo esses vídeos da internet, daí levo no pendrive, levo no meu notebook, para mostrar para os alunos. [...] Critico muito que eu tenho que levar meu notebook, minhas coisas pessoais, para que os alunos tenham acesso.” (F)

Aqui parece estar um dos maiores problemas da autoria e invenção em contraste com o uso de uma tecnologia: a negociação do usuário com as restrições que possui a arquitetura da tecnologia<sup>53</sup>. A relação de autoria do professor será maior quanto mais consciência tiver sobre a tecnologia que usa, separando-se mais e mais do simples saber-fazer socializado. Quanto menor for o conhecimento do professor e de seus alunos, do coletivo que depende da tecnologia, menor será sua capacidade de agir diante de problemas. (E) descreve que uma das limitações que encontra ao usar o laboratório de informática da escola é a diversidade de editores de texto, o que limita o valor desses saberes tutoriais e torna a ação educativa mais vulnerável a **breakdowns** insolúveis pelo professor:

“Tem toda a questão do Word. Vamos digitar o trabalho, só que daí tu chega lá, é o libreOffice, o outro é o Word., o outro é outra versão do Word. Daí quando tu vai ensinar a digitar um texto, não é o mesmo comando, né? Pro professor é desafiador tu ter tudo bem organizado.” (E)

Nesse caso, são as ações educativas que apresentam as resistências, só que que a tecnologia não pode se adaptar a elas. O tempo e o modo de adaptação da tecnologia (os ciclos de desenvolvimento) são incompatíveis com as necessidades dos professores. A assimetria epistêmica de Morozov (2018) se revela como uma assimetria de poder no acoplamento do professor com a tecnologia. Estranhamente, as tecnologias são vistas por todos os entrevistados, sem exceção, como uma coisa positiva, que estende e amplia, e não limita, as possibilidades pedagógicas e que também é um “motivador”, sendo algo que atrai os alunos. As limitações da tecnologia apontadas quase sempre ficaram do lado do usuário:

“Eu acho que o Whatsapp te dá uma liberdade gigantesca, eu até acredito que o Brasil está num profundo processo de profunda aprendizagem; A gente usa muitos recursos tecnológicos, mas talvez não com a mesma tendência que eles poderiam usar.” (C)

“Olha, se eu for pensar o que é tecnologia, é tudo aquilo que ajuda a aumentar o meu fazer, a melhorar os meus planejamentos, a execução desse planejamento, a qualidade da aula.” (D)

“Ela me limita porque me falta conhecimento em relação à

53 Importante ressaltar que a arregimentação diz sobre todos os elementos necessários para a ação, incluindo computadores, conexão com a internet, programas, recursos...

tecnologia.” (H)

“Eu acho que a limitação vem muito quando a gente se deixa levar, no sentido assim, ó, entrei numa rede social e eu fiquei horas ali. Quando a pessoa é um pouco viciada, então acho que ela acaba limitando a gente em relação ao mundo exterior. Eu considero que ela não me limita, porque não me considero uma pessoa que vive naquilo ali. Se eu tiver que desligar o celular, é muito tranquilo.” (E)

Algumas respostas interessantes surgem quando os entrevistados responderam sobre as implicações da adoção da tecnologia, correspondendo a uma pergunta que foi escolhida intencionalmente para contrastar com as limitações que a tecnologia traz para os seus fazeres. Foi apontada uma questão relacionando o ciberespaço como um espaço separado da realidade, no qual as relações humanas são limitadas, e que pode obscurecer o “mundo real”. Talvez a fala que ilustre melhor isto seja:

"Então o aprendizado, a tecnologia ela te ajuda na questão do conhecimento mais técnico, naquela busca que tu tem de uma discussão mais técnica, de uma leitura, enfim. Mas a questão de um autoconhecimento, vivência, acho que até a questão terapêutica [...] Pelo menos o que eu experimentei até agora, eu acredito que é um limite que a tecnologia tem." (I)

Isso mostra que uma nova tecnologia pode permitir uma ação (como dar aula à distância), mas ela não garante que todas as ações anteriores possam ser feitas nessa nova composição. Fala-se na possibilidade de “se perder” no mundo digital, referindo-se ao perder não só o que já é feito, mas modalidades inteiras de contato que não podem ser estabelecidas por meio digital.

Há um regime de invenção nas falas dos entrevistados, há um planejamento, um esforço de mudanças, uma busca por adaptações. Mas, na maioria das falas, há pouquíssimas falas sobre as estruturas das tecnologias já utilizadas, as falas focam-se no plano funcional de Macedo (2010). Justamente o plano estrutural, a arquitetura, a disposição dos elementos, parece manter-se como um **daemon** até o momento em que há um **breakdown**. Nesse momento, a revolta da máquina deixa o professor sem chão e interrompe o fazer educativo. Assim, o ciberespaço, muitas vezes, não é bem um mundo, pois é restrito a fazeres que trilham os mesmos caminhos sempre, no qual o “como fazer” se torna um problema, mas não “o que fazer”. Ocorre uma falta de autonomia para o professor, que pode ser entendida pelo conceito de suporte de Paulo Freire:

“o suporte é o espaço, restrito ou alongado, a que o animal se prende afetivamente, tanto quanto para resistir; é o espaço necessário a seu crescimento que delimita seu domínio [...] No *suporte*, os comportamentos dos indivíduos têm sua explicação muito mais na espécie a que pertence os indivíduos do que neles mesmos. Falta-lhes

liberdade de opção. Por isso não se fala em ética entre os elefantes. [...] A vida no suporte não implica a linguagem [...] O suporte veio fazendo-se mundo e a vida, existência, na proporção que o corpo humano vira corpo consciente, captador, apreendedor, transformador, criador de beleza e não “espaço vazio” a ser enchido com conteúdos.” (Freire,1996 )

O ensino ciborgue é um mundo incompleto. Pode-se até ter uma noção das fronteiras entre o humano e o não-humano, mas qualquer planejamento vem sendo ditado a partir do campo de possibilidades da tecnologia. Parece haver uma valorização do conhecimento instrumental. O “saber operar” remete à positividade do objeto piagetiano, revelando-se em uma valorização do conseguir fazer, manipulando uma tecnologia reconhecida, um objeto reconhecido, mas, até certo ponto, estranho. Entendendo que uma atividade educativa requer uma ação conjunta, requer-se que os alunos sejam capazes de operar a ferramenta com alguma segurança. Interpreta-se que o mundo dos possíveis, das teorias, é posterior à prática, e a tecnologia não aparece como uma estrutura completa, na qual os elementos inconsistentes e inadequações devem ser resolvidas. É a assimetria epistêmica tolhendo a autonomia da educação. Um professor totalmente autônomo nos seus fazeres teria uma autoria nas tecnologias usadas, saberia indicar os seus elementos mais íntimos e até mesmo consertá-las. De todas as entrevistas, apenas uma delas se referiu a questões estruturais da tecnologia como uma limitação, apenas para (J), que foi responsável por implementar o sistema Moodle em sua escola, a tecnologia que serve de base para o seu fazer tem aspectos a serem mudados.

“Esse é um problema que a gente tem no Moodle, né? A gente tem que colocar manualmente as pessoas em cada uma das salas, isso demora um tempão! E aí, agora tem trezentas e poucas salas, cada turma tem o seu componente curricular. A turma, sei lá, 7A, tem matemática, português, cada uma tem uma sala específica.” (J)

“O Moodle tem essa questão do engessamento, né? Da estrutura bem fechada que ele têm, tu adota um formato de aulas dentro de um curso, de uma sala e aquele vai ter que ser para todo mundo. Qualquer coisa que tu tenha um projeto mais especial [...] todo mundo tem o mesmo espaço, com a mesma carinha” (J)

Latour (2017) indica que o conhecimento é uma forma de manipulação de elementos. Para o cientista, uma classificação é uma extração de características que só é possível quando se retiram os elementos do seu local original e os mesmos são colocados lado a lado, para comparação, seja fisicamente, seja uma de suas representações (por exemplo, uma coleção de fósseis em um museu, ou um conjunto de fotos de fósseis). Esse é um grande potencial da informática, a possibilidade de, por meio de programas e interfaces, criar meios pelos quais o aluno pode manipular concretamente o que está estudando, o que passou despercebido pelos

entrevistados. Alguns professores fizeram questão de afirmar que o ensino tradicional já possui suas próprias tecnologias necessárias para o ensino:

"Eu uso materiais diversos que são oriundos da tecnologia, e para mim são tecnologias importantíssimas no meu trabalho, quotidianamente. Das tecnologias mais modernas, eu uso o celular, uso computador, essas coisas assim, uso internet, e afins. [Quais são as outras tecnologias que tu usa?] Eu uso o ginásio, uso bola, uso tênis, uso roupa. Essas coisas assim que são oriundas da tecnologia e do desenvolvimento industrial, técnico, tecnológico." (G)

Se parece não haver clareza sobre as estruturas das arrematadas tecnológicas colocadas, os professores tratam essa tecnologia como um mundo de possibilidades e manipulações. Quando perguntados sobre que ferramenta tecnológica gostariam de ter, (C), professor de contabilidade, consegue visualizar um sistema que seria possível usar à distância e que ilustraria, permitiria que os seus alunos manuseassem, o funcionamento de um sistema de contabilidade real.

"Eu não tenho um sistema de contabilidade para dar uma aula informatizada, a não ser um Excel, que é uma coisa mais simples, mas eu gostaria de ter acesso a um sistema desses" (C)

Também é notável que há até mesmo falas sobre emergências dos fazeres tecnológicos. (G) faz duas afirmações sobre questões que surgem apenas no momento em que os alunos usam a tecnologia para um fim:

"Deixo o celular para eles escutarem música [...].Um fone de ouvido, se tu leva uma bolada na orelha, tu pode furar o tímpano!

[...] Tem estudos na minha área sobre pessoas que desenvolveram lesões quando começam a jogar videogame, porque não se mexiam." (G)

Da mesma forma, (F) afirma que um conteúdo de sua disciplina, geografia, está diretamente relacionado à tecnologia, e imagina que há ferramentas possíveis para usar nas suas aulas que sirvam para materializar o conceito:

"A gente fala de globalização na geografia. Eu sempre busco citar exemplo, 'hoje a gente pode fazer uma cirurgia que o médico não precisa estar junto com o paciente. Hoje a gente consegue se comunicar com alguém lá do outro lado do mundo. Mas tudo isso só na fala mesmo, acho que se tivéssemos como mostrar isso, um computador para mostrar isso, talvez isso se materializasse mais, se tivesse esse recurso tecnológico dentro da escola, dentro da sala de aula." (F)

O lugar-comum de que a educação ainda existe em um mundo "analógico" é falso, já que os professores estão em busca de materiais pedagógicos que atendam às suas práticas, mas estão efetivamente afastados do desenvolvimento delas. O que acontece, como será visto na seção 6.2, é que há um problema de acesso. Um dos entrevistados até mesmo revela algumas de suas estratégias para buscar por novos recursos, apontando que é importante

cuidar das fontes:

“agora mesmo recebi uma indicação de uma colega [...] E ela me passou um site do Google que tem uma série de obras, desde obras literárias, como também atividades para utilização em aula. É uma série, é muito material, então veio a partir dela, essa indicação. No mais, tem algumas revistas, na verdade eletrônicas, um artigo da Tecnomundo [...] Gosto muito de olhar e lá eu descubro muitos aplicativos diferentes. Eu sempre procuro olhar a fonte, e se vem dessas revistas eletrônicas, que eu gosto bastante, eu já saio abrindo, já começo a usar...” (I)

Não se pode dizer que o fazer de um professor, ao conduzir uma ação pedagógica, executará uma mera reprodução de um guia, de um passo a passo, de uma norma, etc. pois há um regime inventivo ao se adaptar à realidade escolar e aos alunos. Apesar disso, a quantidade de elementos envolvidos num momento educativo é tanta, que muitos dos seus fazeres estarão em um regime de tutorial, um fazer mecânico que simplesmente se guia por dentro da tecnologia (quaisquer que sejam as TICs, a escola em si, os materiais didáticos). *As ações também enfrentam resistências específicas do objeto, podendo não estar relacionadas à sua operação.* Como foi apontado, a tecnologia aparece como um suporte, um lugar, talvez estranho e incompleto, no qual as relações de ensino e aprendizagem podem ser estabelecidas, mas que requerem um trabalho conjunto. Quando os elementos técnicos aparecem, quando o **breakdown** revela os **daemons** por trás das funcionalidades, a ação educativa tem que parar para atender as necessidades técnicas, pois a máquina (ainda) não se adapta às necessidades de seu usuário. No momento em que o ensino passa a usar cada vez mais as TICs, as possibilidades estão sendo determinadas por uma série de conhecimentos informais por parte dos professores as possibilidades dessas tecnologias, o que os coloca em uma posição frágil. Essa tese questiona se o problema é unicamente da formação, e propõe que será necessário pensar em um exercício do ensino hacker, em colocar o professor em contato com os seus fazeres, trazendo novos elementos ou problemas (breakdowns) técnicos de modo que ele possa aumentar o seu conhecimento sobre as máquinas *a partir do seu saber-fazer*, de modo que tenha tomadas de consciência ligadas diretamente ao que faz. É necessário tensionar as arregimentações tecnológicas como uma forma de promover a autonomia docente, e esse é o desafio para quem quer pensar na tecnologia na educação, e para o futuro desta pesquisa.

## 6.2 O ERE e as Limitações de Acesso à Tecnologia

Em 2020 foi necessário adotar medidas de biossegurança, incluindo o isolamento social, para se tentar controlar a pandemia de COVID-19 (ver seção 1.3). Esse se tornou um

momento de rápida adoção das plataformas para trabalho remoto e comércio, e a educação não foi uma exceção. O Ensino Remoto Emergencial (ERE) foi uma das formas pelas quais tentou-se adaptar as escolas e universidades brasileiras às medidas, envolvendo a adoção de aulas à distância pelas mais diversas plataformas. Deve-se observar que 20,8% dos domicílios brasileiros não possuem acesso à internet (IBGE, 2020) e foi necessário organizar sistemas de entrega de materiais impressos para que muitos alunos pudessem continuar acompanhando as aulas. Esse momento tão inesperado e único não pode ficar à parte das análises dessa tese.

Se o ERE é assim chamado por ser uma adoção emergencial da informática na educação de modo a possibilitar um ensino feito a distância (Behar, 2020), ele ocorre não apenas com um planejamento limitado, mas também cercado de uma potencial precarização. Segundo pesquisa espontânea publicada pelo Departamento Intersindical de Estatística e Estudos Socioeconômicos (DIEESE, 2020)<sup>54</sup> que visava mapear a capacidade das escolas da rede pública de lidar com medidas de segurança relacionadas à pandemia, encontra-se o seguinte quadro de respostas:

- 91,9% das respostas afirmam que a escola não tem recursos suficientes para investir em estrutura para receber alunos(as) e adquirir os EPIs necessários.
- 81% afirmam que a escola não tem um número adequado de profissionais de limpeza para realizar a higienização necessária.
- 69% dos educadores indicaram que realizam atendimento à comunidade escolar presencialmente, sendo que de acordo com as Direções das escolas.
- 40,5% dos questionários acusam falta de professores na escola e 58,7% falta de funcionários.

Estes dados são compatíveis com as impressões de alguns professores entrevistados, que fizeram questão de comentar sobre como as suas escolas estão lidando com a situação:

“Nossa realidade é assim, Lucas, eu sou um dos da nossa escola que está no setor pedagógico para alcançar todos os alunos. A gente teve, em todo primeiro momento, um alcance de 50% dos alunos, isso com redes sociais. Muito pouco o alcance, e o retorno desses alunos foi ainda menor. O Classroom está mais ou menos seguindo esses dados aí. A quantidade de alunos que fizeram sua conta e acessaram está em torno de 40%. Todo restante está dividido entre pais e mães e alunos que resistem a fazer essa migração, que querem pegar as atividades presencialmente na escola, e uma parte bem grande de alunos que a gente perdeu o contato. É terrível, a gente estima uma perda de contato de mais de 30% dos alunos, são pessoas que nós teremos que ir atrás nas casas, fazer alguma coisa.” (B)

54 A pesquisa contou com respostas de 872 escolas diferentes, localizadas em 282 municípios gaúchos.

Se a falta de capacidade de adotar medidas físicas nas escolas torna a educação presencial uma irresponsabilidade durante a pandemia, a sociedade brasileira não possui a infraestrutura material para adoção em massa do EaD. Na verdade, a carência material gera limitações sobre o que é possível de se fazer, e, em muitas comunidades mais pobres, essa carência exige que a escola, sua comunidade e seus profissionais, se organizem para garantir a sobrevivência em tempos de catástrofe.

“Hoje a principal preocupação do meu diretor é entregar as cestas básicas [...] daí o governo vem e larga isso no colo da gente. [...] Antes de tentar montar uma plataforma, tem coisas muito maiores acontecendo.” (F)

O ERE também foi caracterizado pelo imprevisto, da necessidade das escolas de encontrarem na infraestrutura existente soluções imediatas que permitissem a digitalização do ensino. Metodologias tiveram que ser desenvolvidas no ato, e fica muito clara uma disputa política sobre a responsabilidade desses desenvolvimentos. No caso, apenas em junho, quase quatro meses após o início oficial da pandemia no território nacional, a prefeitura de Porto Alegre começou a implantação da plataforma oficial para ensino à distância (Córtex). Por outro lado, o ERE já havia começado, com uma organização usando redes sociais, professores, gestores e outros funcionários escolares tiveram que se dedicar a construção de uma rede pelo ciberespaço pela qual os alunos entrariam em contato com os professores, feita por meio de muitas partes que não se interconectam entre si, como o aplicativo Whatsapp, as plataformas Facebook, Zoom, Google Classroom, etc.:

"[...]toda a nossa escola agora, ela tá dentro dos grupos de Whats, as aulas são gerenciadas por ali, os avisos são gerenciados por ali, os documentos são gerenciados tudo pelo Whats. Nesse momento, é tudo pelo Whats, porque a gente não tinha como manter o Google, né, o Google Classroom. Porque grande parte dos nossos alunos, eles não tem acesso ao telefone. Digamos assim, se eu tivesse que dar um percentual, acredito que 90% dos nossos alunos tenham como chegar a um celular, ou deles, ou da família, ou a mãe, ou o pai, alguém da família tem um celular. Não digo 100%, porque nós temos situações pontuais, de algumas famílias que nos procuraram.

[...] Temos um grupo da escola no facebook, porque queira ou não queria esse é o meio que eles mais acessa, as redes sociais. Aí os professores vão postando as atividades ali e pedem retorno por e-mail, ah, pode ser até uma foto do caderno. Numa turma de trinta, a gente tem só dez ou doze retornos por e-mail."(H)

Isso levando em conta que as escolas não estavam preparadas para passar imediatamente de um modo de trabalho para outro, como foi indicado na continuação da pesquisa do DIEESE (CPERS, 2020):

- 98% dos professores afirmam que estão trabalhando com carga horária superior à

contratada.

- 40% dos professores informaram que a sua Internet não é suficiente para realizar o trabalho a distância com qualidade. 18% dos professores responderam que não possuem equipamentos próprios necessários para realizar o trabalho à distância.
- 50% indicaram que pelo menos 30% dos estudantes perderam o contato com a escola e não estão realizando qualquer atividade.

TICs são sistemas de um duplo caráter, constituídos por hardware e software, o que significa que elas podem ser rapidamente alteradas e reconfiguradas de diferentes formas. Isso gera uma facilidade para se criar novas tecnologias e testar plataformas, mas apenas quando houver uma infraestrutura material para fazê-lo. Essa dualidade foi refletida em uma das entrevistas, o aplicativo Whatsapp foi definido como democrático, pois é barato e acessível de ser usado. Nesse sentido, o info-capitalismo triunfa, pois seus custos são invisibilizados em comparação com os custos de hardware. Na fala abaixo, (B) comenta sobre os custos do regime de trabalho ERE sobre os professores de sua escola, especialmente sobre a falta de capacidade (velocidade de internet, qualidade de câmera) dos equipamentos pessoais:

"A realidade hoje, dos professores, estão usando essa tecnologia às suas expensas, com seus equipamentos, com a internet que a gente paga no bolso. Estamos pagando internet para trabalhar. Não temos equipamentos assim, de última geração, a gente tá aí, baixando um aplicativo depois do outro, daqui a pouco eles vão começar a gritar, os aparelhos não vão dar conta! Eu ainda trabalho com desktop, e celular. A maioria das coisas eu tenho que fazer por celular, as videochamadas todas elas, pra mim, é melhor pelo celular, porque não tenho notebook, mas são limitações nossas." (B)

Nesse sentido, o processo de adoção do ERE, que Behar (2020) afirma possuir um caráter provisório, é, efetivamente, uma ação política, o que Morozov (2020) chama de solucionismo, “como não há alternativas (ou tempo, ou dinheiro), o melhor que podemos fazer é colocar curativos digitais sobre os danos”. Plataformas foram adotadas às pressas para que as aulas pudessem continuar ocorrendo, mas, como o autor afirma, “as plataformas digitais de hoje são péssima base para uma ordem política aberta a outros atores que não sejam consumidores, startups ou empreendedores” (ibidem). Não são apenas as instâncias administrativas que recorrem ao solucionismo, mas ele também habita a imaginação dos professores, que muitas vezes adotam um discurso de que seus equipamentos pessoais precisam ser melhorados. Quando se inquiriu (H) sobre que tipo de tecnologia desejaria para o seu trabalho, sua descrição retoma algumas ações que tem que fazer sobre a tecnologia para imaginar que um celular melhor, mais caro, poderia reduzir o seu trabalho:

“É que eu não entendo muito de tecnologia, né Lucas, mas eu fico pensando em um celular que eu pudesse... Porque um celular buga muito fácil. Quando eu tenho uma grande quantidade de pessoas, entra muito documento, chega uma hora que tu tem que limpar, né? Todo aquele trabalho, tu tem que tirar do celular, passar pro computador, abrir uma pasta... E o quanto isso pé trabalhoso, né? Talvez a gente não precisasse fazer esse processo... De repente até dá, se eu comprar um celular de 10 mil reais, talvez desse. Pensando hoje, o professor a nível de país e a nível de estado [...] Ele não é um profissional que tem acesso a um celular de 4, 5 mil reais. Então que fosse criado um instrumento para que ele pudesse trabalhar” (H)

O ERE acaba reproduzindo as desigualdades sociais enfrentadas pela educação presencial, ficando claro que não se trata de uma simples questão de se aprender a usar uma tecnologia e adaptar as aulas à distância. O **digital divide** como uma desigualdade social aparece num país profundamente desigual como o Brasil, mas o que fica claro é que o problema que ele gera está em vários níveis. Primeiro, é a falta do “órgão cognitivo”, o meio material pelo qual a aula poderá ser feita. A falta de uma inclusão digital está gerando, efetivamente, classes de alunos, muitos nem sequer possuem computadores em casa, e precisam acessar os materiais de aulas usando um celular, que podem nem ser deles, mas compartilhados com seus familiares. A própria limitação de conexão desse celular resulta num impedimento ao acesso à escola:

“São quase 80% dos alunos que acessam com celular via dados móveis. Esse aluno não acessa sempre, ele coloca crédito no telefone para poder acessar ocasionalmente.” (B)

Mesmo diante de tantos tropeços, a experiência da ERE do COVID-19 causará mudanças nos alunos, professores, nas instituições de educação e nos setores administrativos (seja o sistema público ou o privado). Esse contato já familiariza os professores com novas técnicas e novos aplicativos.

“com certeza, vai ficar muito mais fácil e tranquilo de propor coisas novas também. Porque o pessoal está com uma base que não tinha antes [...] agora as próprias professoras estão procurando ferramentas por conta própria. ‘ah, não gosto de escrever no Word, vou procurar umas ferramentas, o Padlet...’” (J)

O ensino à distância é uma ação, que serve tanto à necessidade do isolamento social, quanto aos interesses de se reduzir gastos com a infraestrutura escolar, quanto ao interesse de coletar dados comportamentais dos alunos para usá-los no sistema de gestão, como é um dos objetivos da plataforma CórteX (2020). Assim, essa experiência alimenta um imaginário e um mundo de possibilidades, que traz como risco o que foi apontado por (A) “O risco é aquele professor que enxerga a tecnologia como um fim em si mesma”, mas, nesse caso, o risco é que a administração dos sistemas escolares enxergue nessa rápida digitalização da escola, um

fim em si mesmo, afinal:

"O verdadeiro risco é que essa crise consagre o kit de ferramentas solucionista como a opção padrão de abordagem de todos os outros problemas existenciais — desde a desigualdade até as mudanças climáticas. Afinal de contas, é muito mais fácil utilizar a tecnologia solucionista para influenciar o comportamento humano individualmente do que fazer perguntas políticas complexas sobre a raiz dos problemas que geraram tais crises." (Morozov, 2020b, n.p.).

## 7. Conclusões

A sociedade da informação resulta da confluência de uma série de tendências e desenvolvimentos históricos acoplados a um desenvolvimento tecnológico, em especial os computadores e a internet. Essa emergência gera uma crise no momento em que vários fazeres tradicionais acabam se reinventando ao fazerem uso da infraestrutura das TICs e da internet que surgem.

Apesar da revolução da informática já ter várias décadas, ela ainda parece surpreender e mudar a sociedade ano a ano, já que não se estabilizou em uma forma padrão, não consolidou seus meios de fazer, não se normalizou na cultura. Dessa forma, é imprescindível que a educação se dobre sobre os problemas e as questões que a sociedade da informação traz. Para isso, é necessário criar amarrações teóricas que possam efetivamente ligar os fazeres na tecnologia com a aprendizagem. Esta tese tenta preencher essa lacuna lançando um olhar de ressignificação sobre dois conceitos fundamentais, o **digital divide**, que aqui é entendida como uma desigualdade específica causada pelo acesso e uso das máquinas e sistemas, e a **caixa-preta**, um conceito usado em engenharia para estudo de um sistema a partir de suas entradas e saídas.

Primeiro, partiu-se de uma contextualização histórica do problema. A tese parte da emergência da sociedade da informação, tendo analisado quando a informática, a automação do trabalho sobre as informações usando computadores e redes, passam a ser amplamente adotadas e passa, a constituir a **infraestrutura** de uma série de fazeres sociais. Surge o ciberespaço, este lugar que pode ser acessado a partir da tecnologia digital, que se torna cada vez mais importante à medida que os computadores e suas redes se tornam mais baratos e mais difundidos. Esse nascimento cria uma classe de entidades novas, as **plataformas**, serviços que estão disponíveis em qualquer lugar para qualquer um que esteja ligado ao ciberespaço. Elas funcionam a partir de lógicas próprias, são entidades econômicas naquilo que se chama o **info-capitalismo**, uma forma de se extrair o capital, de ter fazeres econômicos, sobre as ações e transações na rede. Assim, a revolução da informática possui um motor próprio, gerado pelo lucro de manter a sociedade em um choque de inovações e em uma disputa constante de **plataformas**.

O **digital divide** se torna um problema à medida que os fazeres sociais das pessoas começam a ser limitados pelos equipamentos materiais e pelo conhecimento que as pessoas

tem sobre uma tecnologia. Enquanto a academia já traz uma série de discussões acerca da necessidade de se tratar uma educação para a sociedade em rede (como o letramento digital), essa desigualdade ameaça o próprio ensino, pois ele se torna ciborgue. Uma série de ferramentas tecnológicas novas podem mudar as formas de se ensinar. O uso de simulações 3d em geometria, drones em geografia, impressoras 3D, *wikis*, *hyperlinks* e hipermídia para fazer trabalhos escolares, além do uso de redes sociais e *bots* poderão fazer parte de metodologias de ensino que só serão possíveis em escolas dotadas das ferramentas as possibilitem, são os órgãos cognitivos de Lévy (1997), ou mesmo órgãos de aprendizagem. O **digital divide** ameaça bloquear o acesso de muitos a formas de aprender, e a democratização da tecnologia não se resume a garantir a inclusão digital.

A tecnologia existe tanto como um objeto, quanto como uma ideia. Ela é um fazer materializado a partir de saberes, o que permite mudar a rota da ação. Na sociedade da informação, o telegrama se torna obsoleto, pois o telefone e os aplicativos de mensagem se constituíram em formas muito mais poderosas de se comunicar. Não é necessário ir até um telégrafo e ditar a mensagem, pode-se fazer o mesmo utilizando um *smartphone*. Ela também é um objeto, seja algo estranho e diferente, seja algo familiar, ou um objeto de consumo e desejo. Sobre esse fazer materializado, desdobram-se significações, entendimentos e saberes. A tecnologia separa-se daquilo que a criou, e torna-se uma entidade própria, operada a partir de interfaces para realizar serviços, enquanto seus funcionamentos operam no *background*, podendo se tornar **daemons** ocultos. Ela, a princípio, está a serviço de seu usuário, mas, ao mesmo tempo em que amplia os modos de se fazer, conformando e direcionando, e não há um determinismo da máquina, já que ela não ensina o seu usuário sobre si mesma, apenas sobre o manuseio de suas interfaces. Nesse sentido, é necessário se entender como o usuário se apropria da máquina e de seus sistemas

A teoria da aprendizagem trazida por Jean Piaget serve como ponto de partida para se entender como a tecnologia surge como algo novo. Os processos de adaptação (sendo a cognição uma extensão da biologia) das estruturas cognitivas são capazes de se reorganizar, deslocar o seu centro a partir do isolamento de um elemento ou fenômeno, que depois pode ser recombinação. Descobre-se que o fogo pode ser gerado por fricção, descobre-se que o fogo pode ser gerado por brasas que caem sobre um material incinerável, descobre-se que brasas podem ser trocadas por fagulhas de uma pederneira. Esse constante descolamento e ressignificação é a base da descoberta e invenção, que vêm de uma estruturação que consegue

enxergar elementos no mundo ao seu redor e arregimentá-los para um fim.

A tecnologia gera uma concretude. Colocam-se as peças no lugar e espera-se que delas surjam uma máquina, um fenômeno natural domado pelo ser humano, transformado em recurso. O recurso pode ser reproduzido e compartilhado, mas ele esconde os funcionamentos, e a máquina torna-se independente dos conhecimentos que a geraram, torna-se tanto um objeto, quanto um mundo propriamente dito. O potencial de uma tecnologia a torna uma inovação, um novo modo de fazer, que, por ser material, pode ser rapidamente difundido em um novo regime de manipulação. Entre o inventor e o usuário, há um abismo chamado máquina.

O que Latour complementa à teoria de aprendizagem é como se dá o desdobramento de um conhecimento em um campo político. A máquina como arregimentação dos elementos é essencial para se entender como ela se torna uma caixa-preta ao conformar interfaces diferentes que garantem acesso à novas ações, como seus serviços são muitas vezes invisíveis, e como a quebra da arregimentação, o **breakdown**, gera uma necessidade de rearticulação. Foram utilizadas duas figurações para caracterizar o encontro com a máquina, o monstro de Frankenstein, o objeto estranho, ameaçador e não-natural, que ameaça alterar o mundo do indivíduo, encontra-se com o Jogo da Imitação, uma máquina que é capaz de se tornar imperceptível, que apaga os limites entre o humano e o não-humano. Entre esses dois limites, o ser humano se torna um ciborgue, incorporando a tecnologia das mais diversas formas, algumas vezes ciente delas, e num embate, outras vezes sem nem mesmo notá-las.

A contradição entre as duas figurações trouxe, à luz das entrevistas realizadas, uma necessidade de se retomar o conceito de ciberespaço. Dessa vez, ele se torna um lugar de relações, onde as ações podem ser feitas. Ele é reconhecido como um regime próprio, com características próprias, mas também é tratado com uma grande naturalidade naquilo que ele proporciona ao professor: um lugar de encontro com o seu aluno (ou colega). É o resultado de interações entre ciborgues, entre pessoas que já incorporaram a tecnologia, e não poderia existir sem ela. Aqui surge mais uma forma do **digital divide**, nas ações que são vistas como analógicas ou digitais. Isso se revela nos ajustes que os professores veem em suas ações sobre dois mundos, um sem a máquina, onde os fazeres são naturais, outro com a máquina, onde é necessário se criar novos hábitos e formas de se expressar. O ciberespaço muitas vezes aparece como um *suporte*, um mundo determinado, que não pode ser mudado pelo usuário. Para transformá-lo em um mundo efetivo, seus elementos devem ser apropriados pelo

professor, e essa tese propõe um regime de ensino hacker, no qual o professor, a partir de suas próprias ações que já são ciborgues, toma conhecimento dos elementos que estão ao seu redor, na busca de compreender o que eles trazem, e na necessidade de arregimentá-los para seu fim.

O professor possui uma dupla imagem, é um usuário e inventor. Ele vive em um local onde há uma série de ferramentas e infraestruturas que tanto exigem que ele aborde certos assuntos e certos fazeres em suas aulas, como também permitem que ele trabalhe de certas maneiras. No seu fazer, nas tecnologias com as quais ele trabalha, haverá determinações, possibilidades e impossibilidades, que podem tolher a sua autonomia. É importante colocá-lo como o ponto de partida inventivo da ação educativa, e acompanhar as tomadas de consciência que ele traz sobre o seu próprio fazer, as quais poderiam indicar os limites entre ele e os sistemas ao seu redor. Isso deve ser feito porque ele também está lutando contra as máquinas que o cercam.

Enquanto o conhecimento humano é constituído por verdadeiras epistemes, que frequentemente apresentam surpresas, a informática é bastante clara em sua captura do mundo. Ela oferece medidas quantitativas diretas: tamanho de suas bases de dados, complexidade, capacidade de processamento, quantidade de acessos, para indicar alguns, gerando um conhecimento próprio (o dataísmo). Assim, ela permite uma automação da informação e dos processos de tomada de decisão e do próprio ensino a partir dessa nova forma de conhecimento, gerando um terceiro que entra na ação educativa, uma forma do **info-capitalismo** entrar nas escolas.

A maior disputa que pode ser encontrada nesta tese foi a adoção do ERE durante a pandemia de COVID-19, no qual os professores foram responsabilizados por digitalizar o seu ensino usando tanto as plataformas desconhecidas e determinadas pelas instituições, quanto aquelas que eles já conheciam e que poderiam usar com confiança para alcançar os alunos. Sem receber equipamentos e um conhecimento instrumental adequado, tiveram que improvisar soluções enquanto as próprias tecnologias que adotaram derrubaram os limites de espaço e tempo que a escola tinha. Não é à toa que a pesquisa do DIEESE (CPERS, 2020) indica que 98% dos professores estão trabalhando mais durante esse período, eles acabam tendo até mesmo que atender alunos e seus familiares fora do seu horário de trabalho. Essas mudanças, esses processos emergentes, devem ser considerados como resultado da adoção da tecnologia, e não um efeito colateral dela. Dessa forma, estudar os professores como agentes inventivos também abre um campo de estudos, uma forma de se entender como os fazeres de

ensino estão mudando na sociedade da informação.

Vê-se o exercício proposto nesta tese como uma base para abrir possibilidades de pesquisa, acredita-se que há um campo muito pouco explorado que se foca nas ações dos professores sobre as tecnologias que eles estão adotando, de uma forma ou de outra. Ainda há dois problemas a serem discutidos nas conclusões deste trabalho, mas há alguns pontos que podem resumir as lições encontradas neste ensaio até este ponto:

1. O ensino já é ciborgue, já existe apenas em uma arregimentação de tecnologias e fazeres. O professor é um inventor, mesmo que sua invenção não tenha plena autonomia, e depende da infraestrutura que ele encontra.
2. A tecnologia objetifica os saberes, alterando o regime pelo qual podem ser manipulados. Há várias formas de se tolher a liberdade do usuário por meio de sua arquitetura.
3. As pessoas criam entendimentos próprios acerca das tecnologias que usam. Apesar do modelo da caixa-preta ser adequado para se descrever as interfaces, muitas vezes o usuário possuirá suas próprias hipóteses e ideias que não estarão de acordo com a totalidade do modelo.
4. Os fazeres são a base do desenvolvimento do conhecimento formal. Assim, observar como uma pessoa relaciona seus fazeres com uma tecnologia é observar como ela entende a mesma. Há uma dicotomia a ser observada, um plano funcional e um plano estrutural, indicando os elementos das ações e suas relações.
5. Promover um modelo de ensino hacker para os professores pode ser uma forma de promover a autonomia docente.

### **7.1 O problema da Inteligência Artificial**

Animais e objetos podem ser vistos como agentes, ou seja, como iniciadores de uma ação numa rede. Máquinas ainda são vistas como sistemas passivos, inconscientes e incapazes de criatividade. A IA é uma das tecnologias-chave do século XXI e seus sistemas preditivos, capazes de aprender e criar modelos confiáveis, estão sendo aplicados em massa. Essa tecnologia promete ir além da automação, adquirindo a capacidade de aprendizagem e de uma adaptabilidade sem precedentes. Elas trazem uma promessa que pode efetivamente reverter a relação entre conhecimento e de poder.

O que acontece quando um sistema deixa de ser uma simples arregimentação e se

torna uma organização ativa? Enquanto a IA ainda lida com sistemas especializados, que tem domínios específicos de ação, a aprendizagem não supervisionada já alcançou alguns marcos importantes, como a criação autônoma de classes a partir de um conjunto de dados não estruturados (Le et. al, 2012). No contexto específico desta tese, a IA traz uma promessa de uma tecnologia capaz de alterar suas próprias interfaces para se adaptar a um usuário, talvez até mesmo a partir de um modelo muito detalhado. Nesse sentido, ela é uma promessa de uma tecnologia que seria capaz de compensar seus próprios *bugs* e se adiantar às próprias explorações que o usuário poderia fazer. Se o desequilíbrio provém das resistências dos objetos, o que acontece quando um objeto é capaz de mudar seu próprio comportamento? Ou mais além, o que um objeto adaptativo pode trazer para a aprendizagem?

Há o problema da incorporação, do saber-fazer inconsciente de uma tecnologia que se naturaliza. As ações humanas podem começar na mente, mas se estendem por meio das arregimentações tecnológicas ao seu redor. Da mesma forma, a estrutura mental não é um plano, mas é uma coordenação de diferentes esquemas de ação, alguns conscientes, outros não. Sabe-se que é possível uma máquina influenciar o comportamento humano, mesmo de formas diretas e marcadas pela sua presença como uma entidade artificial. Se não é possível dizer até que ponto as arregimentações são responsáveis por influenciar as pessoas, o que se pode dizer de uma máquina que é capaz de observar e se adaptar a verdadeiras “micro mudanças” que uma pessoa possa realizar? Han (2017) afirma que “O Panóptico [de Foucault, ou seja, das formas de controle da sociedade industrial] é ligado ao meio ótico. Ele não tem acesso ao pensamento e às necessidades internas”, algo que a composição de um smartphone e uma rede social pode ter.

IAs serão, como qualquer sistema computacional, máquinas entrópicas que realizam seu trabalho a partir de uma determinada eficiência, ou seja, são sistemas que possuem as limitações dos computadores que temos hoje. Deve-se desmistificar a sensação de que elas são sistemas inteligentes, já que são sistemas de inteligência, capazes de aprender a extrair dados e tomar decisões. Dentro da visão de uma **mente modular**, as IAs podem se tornar parte do processo cognitivo humano, sendo capazes não apenas de realizar trabalhos informacionais, mas também possuir uma capacidade preditiva do comportamento de seus usuários, podendo até mesmo atender suas necessidades antes que sejam percebidas, ou mesmo criar outras necessidades.

Sistemas de recomendação já são usados em larga escala em plataformas,

constituindo-se uma economia própria que movimentava bilhões de dólares ao ano (apenas como exemplo, a plataforma Facebook possui um valor de mercado superior a 700 bilhões de dólares [Macrotrends, 2020]). Khan (2013) traz uma ideia de como esses sistemas podem ser usados na aprendizagem, trazendo currículos individuais, que são capazes de propor para o aluno um objeto de aprendizagem e fazer a avaliação de seu desempenho, talvez até mesmo supervisionando um professor que faça algum trabalho de tutoria. Pode-se pensar que não só a autonomia docente, mas a autonomia discente possa ser tolhida pelas máquinas.

Essa não é uma visão ludista, que afirma que a IA é essencialmente ruim, mas é um alerta de que essas ferramentas precisam ser desenvolvidas em contato com os professores e os alunos. Ocorre que essas ferramentas serão adotadas, e se popularização não é o mesmo que democratização, uma IA que seja capaz de se adaptar aos seus usuários e esconder suas resistências pode acabar subvertendo a proposta de um ensino hacker.

## 7.2 A Responsabilidade sobre a Tecnologia

A palavra robô foi cunhada por Karel Capek em sua peça *Rossum's Universal Robots* (1920). Robô vem de *robot*, palavra tcheca para trabalho, indicando que os robôs seriam seres que trabalham para a humanidade. O autor os vislumbrou como seres humanos de carne e osso artificiais, criados para servir, que realizariam todo tipo de trabalho para a humanidade. Claro, ao final da peça há uma revolta e a iminente destruição da sociedade humana, quando os robôs se rebelam da servidão imposta. Existe um grande paralelo entre as máquinas e a exploração do trabalho humano, quiçá a escravização, e a revolta dos robôs é recorrente em obras da ficção científica. Geralmente, nessas obras, os robôs e as inteligências artificiais, muito superiores fisicamente e mentalmente aos seres humanos, acabam desenvolvendo uma consciência e chegam à conclusão que devem eliminar os seres humanos. Mas sob a bandeira da revolta das máquinas esconde-se uma noção intrinsecamente controversa. As máquinas são criadas para nos servirem, devem existir em uma situação de submissão.

Uma primeira visão sobre a revolta das máquinas é que ela é um **breakdown**, é uma arregimentação se desfaz por completo por um problema desconhecido. Nesse caso, não é a civilização humana que é destruída, mas a ação. Nem todo o saber será suficiente para se lidar com o **breakdown**, assim, uma primeira necessidade da tecnologia na educação é a necessidade de apoio técnico e material que dê os recursos necessários para o professor (e o

aluno) de reparar o problema. Isso é especialmente problemático para uma perspectiva de ensino hacker, segundo a qual o professor tem que tentar ativamente modificar a tecnologia.

Costuma-se dizer que a tecnologia é neutra, que ela não possui intencionalidade e que os resultados são frios, mas a verdade é que ela surge imersa em uma sociedade, em uma cultura e em regimes de poder. Surge a pergunta: quem fala pela tecnologia? O técnico, que está lá para consertar problemas e atender necessidades do usuário, o engenheiro, que possui uma visão do todo do sistema; o administrador, que gerencia o desenvolvimento; os acionistas, que controlam a vida do projeto; ou mesmo os grupos de estudo que indicam as necessidades dos usuários... Dificilmente haverá uma única voz por trás de uma máquina, e dificilmente haverá uma pessoa a se responsabilizar por um **breakdown**.

Surge, também, algo além da falha interna do sistema. A tecnologia tem que ser ética. Por anos, a gasolina aditivada com chumbo causou danos à saúde da população, o uso do gás Freon em sistemas de refrigeração contribuiu enormemente pela destruição da camada de ozônio da atmosfera, embalagens plásticas são responsáveis por poluição com microplástico que cobre o planeta, assim como algoritmos de *deep learning* tem demonstrado consistentemente vieses racistas. Quem é o responsável pela falta de ética de uma tecnologia? E, mais importante, quem é que pode consertar os seus erros?

Esta tese defende a necessidade dos usuários poderem abrir a **caixa-preta** das tecnologias e encontrar os elementos que as compõem, para que eles possam tomar consciência dos custos e os potenciais riscos escondidos em cada plataforma. Não é necessário que o usuário cruze a linha e se torne o desenvolvedor, mas é necessário que ele possa aprender sobre a tecnologia; e isso só poderá ser feito a partir de uma consciência sobre seus próprios fazeres. A visibilidade da tecnologia é essencial para uma proposta hacker de ensino, mas essa é uma zona de disputa. O movimento do Software (e do Hardware) Livres apontam uma direção na qual a tecnologia é aberta para que seus usuários, se quiserem, possam abri-la, estudá-la e modificá-la, contrasta com a própria base da indústria tecnologia, a proteção intelectual da patente, que é basicamente um direito de aplicação exclusivo de uma tecnologia, está na base da indústria capitalista. A restrição ao reparo (Ifixit, 2020), a indisponibilidade de peças de reparo, a obsolescência programada, assim como propostas como o *software as service* são movimentos que existem para tolher a capacidade do usuário, de mantê-lo preso a fazeres determinados. Esse regime de poder da tecnologia deve ser debatido.

A educação não pode fugir da discussão sobre uma ética complexa, que não fale apenas de princípios e regras, mas também que os coloque em perspectiva e exija que o indivíduo tome consciências de seus fazeres. Para isso, é necessário um olhar específico sobre como os seres humanos incorporam a tecnologia.

### 7.3 Trabalhos futuros

As discussões presentes neste trabalho propõem um olhar para a Informática (e outras tecnologias) na educação que partam dos fazeres dos professores, pensando-os como invenções que se dão em diferentes níveis de compreensão, do saber-fazer à formalidade. Nesse sentido, espera-se que elas sirvam como uma abertura para pesquisas futuras, que se centrem nas tecnologias já presentes nas práticas diárias como um ponto de partida para a invenção e a apropriação desses sistemas, em busca de ações com maior autonomia. Neste sentido, algumas direções de pesquisa que serão seguidas no futuro:

- Observar a criação das conceituações acerca de uma tecnologia durante o seu uso por professores desenvolvendo atividades didáticas. A criação de um conhecimento comum, compartilhado, de uma tecnologia que dê base práticas educativas, a partir dos conceitos de estrutura e função pode trazer luz as invenções e os modos de inventar dos professores, tornando possível propor práticas hacker para diferentes modalidades de ensino.
- Buscar exercitar dinâmicas do *digital divide* com professores e alunos por meio de oficinas de tecnologia no ensino. Dessa forma, será possível propor práticas de reconhecimento da tecnologia e de discussões éticas, que permitam que os professores tenham reflexões críticas acerca do ensino ciborgue e encontrem meios de expressar suas necessidades éticas diante de uma tecnologia habitada por **daemons**.
- Exercitar a invenção e o hacking como ação de ensino. Quando reconhecida como um **objeto estranho**, a tecnologia torna-se um peso para o ensino e a aprendizagem, pois seu **breakdown** é uma ameaça, que pode destruir até mesmo uma infraestrutura comum (como o laboratório de informática). Mas o hacking requer um tensionamento da tecnologia, requer abrir-se para a falha e, nesse sentido, é necessário pesquisar formas de fazê-lo no ambiente escolar.

## Glossário

**Acoplamento Estrutural:** A interação entre dois sistemas, até mesmo no caso de uma inserção ou troca de um componentes de um sistema. Um acoplamento gera um domínio de novas possibilidades, não antevistas, a partir da interação dos sistemas que o compõem.

**Algoritmo:** Um algoritmo é uma sequência de instruções conhecidas por uma máquina (ou ser humano) que serão executadas passo a passo para alcançar um determinado fim.

**Aprendizagem de Rota:** “Rote Learning”, denota um conhecimento memorizado como um passo a passo. É de especial interesse dessa pesquisa no momento em que é contraposto ao letramento, mas tem sua utilidade na construção de tutoriais.

**Arquitetura e Organização:** Sistemas, fluxos de interações estruturalmente contidas, possuem organizações, flexíveis, mas que possuem uma certa resiliência adaptativa. Arquitetura é uma organização deliberada, uma arregimentação, que carrega o sistema de um propósito, uma utilidade.

**Breakdown:** O momento em que uma arregimentação de elementos técnicos se desfaz, seja por um problema interno da arregimentação, seja por forças externas. O breakdown transforma o sistema, trazendo à tona suas relações internas, forçando seu usuário a se adaptar, ou se tornar incapaz de realizar sua ação.

**Bugs e Exploits:** Bugs são comportamentos imprevistos de um sistema que podem alterar o seu funcionamento ou destruí-lo. Exploits são bugs quando utilizados para fins específicos de subversão do sistema.

**Caixa-Preta:** Um conceito para se entender a tecnologia que parte dela como um objeto único com entradas e saídas, mas cujo funcionamento é invisível, à parte do usuário. As caixas-pretas são notoriamente arbitrárias, e elas podem ser desfeitas rapidamente por *bugs*, *exploits*, *breakdowns* e por fenômenos emergentes que escapam de suas fronteiras.

**Ciborgue:** Ciborgue é o resultado da incorporação de uma tecnologia, quando uma ação flui livremente entre atores biológicos e tecnológicos.

**Daemons:** Serviços e agentes invisíveis que estão nas arregimentações humanas. São “mediadores, e intermediários, actantes e atores que, em suas redes e tramas, conectam, transmitem, traduzem, substituem, desconectam e negociam os agenciamentos que compõem o mundo” (Cardoso, 2017).

**Desenvolvedor, Engenheiro e Projetista:** O inventor, aquele que determina tanto os princípios físicos que uma tecnologia usará para funcionar, quanto a sua forma, suas estruturas, configurações e até arregimentações.

**Digital Divide:** A desigualdade socioeconômica provocada pela tecnologia digital.

**Distopia da Interface:** A ideia que uma interface prende o seu usuário a determinados modos de agir, além de esconder os outros agentes e as relações de poder.

**Espaço de Desenvolvimento:** Uma tecnologia pode ser melhorada, tornada mais rápida, eficiente ou potente, melhorando-se os seus métodos de aplicação e fabricação. O limite teórico dessas melhorias é o espaço de desenvolvimento que ela possui, até quanto ela pode ser mais rápida, eficiente, etc. à partir destas melhoras.

**Feed:** Um feed é um agregador, uma espécie de contêiner virtual constantemente atualizado com informações provenientes de uma série de fontes. Feeds são a forma central de vários sistemas de recomendação, que selecionam fontes e conteúdos automaticamente para os usuários, como os usados em plataformas como Facebook e Youtube.

**Incorporação:** Incorporar é se familiarizar com uma máquina a ponto de adotá-la em seus usos. É, essencialmente, desenvolver um saber-fazer autônomo e muitas vezes inconsciente.

**Info-capitalismo:** Refere-se aos setores da economia capitalista ligados às TICs, especificamente à expansão do capitalismo sobre a internet e suas plataformas. A chave do

info-capitalismo é capturar a produção de dados e de informações produzidos pelos usuários da tecnologia para transformá-la em capital, atualmente através do marketing direcionado.

**Mediação Técnica:** Refere-se a uma arregimentação que permite que uma determinada ação seja feita por meio dela.

**Mente Modular:** A visão da mente que é capaz de se conectar ou desconectar a órgãos cognitivos. Uma de suas versões é a mente aditiva, na qual essa conexão é simples e direta, sem acomodações.

**Objeto Estranho:** Um objeto que carrega uma marca da estranheza e por ela é reconhecido, exigindo que as pessoas se adaptem a ele.

**Órgão Cognitivo:** Refere-se a tecnologia que permite que uma determinada operação seja realizada com ela.

**Pederneira:** Instrumento para produzir centelhas e atear fogo baseado na fricção de uma pedra de sílex e ferro.

**Realidade Aumentada:** Técnica de sobrepor informações sobre a realidade. Usando câmeras sistemas de posicionamento e telas pode-se projetar, sobre uma foto ou filmagem, textos e imagens úteis para o usuário

**Recursão:** A capacidade de um código de executa a si mesmo para uma determinada função, repetidas vezes.

**Sociedade da Informação:** A sociedade caracterizada pela ampla adoção da informática como infraestrutura. Sinônimo da Sociedade em Rede de Castells (2009)

**Tutorial:** Um passo a passo de operação de uma tecnologia que um usuário segue para alcançar um fim. É essencialmente um algoritmo para uma aprendizagem de rota, mas depende da capacidade de ser compreendido por um usuário.

## REFERÊNCIAS

ALLYN, Bobby. **In Settlement, Facebook To Pay \$52 Million To Content Moderators With PTSD.** [Digital] National Public Radio, publicado em 12 de Maio de 2020. Disponível em <<https://www.npr.org/2020/05/12/854998616/in-settlement-facebook-to-pay-52-million-to-content-moderators-with-ptsd>>. Acesso, Jul. 2020.

ANDERSON, Chris. **The End of Theory: The Data Deluge Makes the Scientific Method Obsolete.** [Digital] Revista Wired, 23 de junho de 2008. Disponível em <<https://www.wired.com/2008/06/pb-theory/>>. Acesso em Junho 2018.

ARAÚJO, Cristiane C. A. A.; CALCINI, Ricardo. **O impacto da LGPD nas relações de trabalho.** [Digital] Revista Consultor Jurídico, 17 de Setembro de 2020. Disponível em <<https://www.conjur.com.br/2020-set-17/lgpd-impactos-trabalhistas>>. Acesso em Nov. 2020

BÄCK, Emma A.; BÄCK, Hanna; SENDÉN Marie G. SILKSTRÖM, Sverker. **From I to We: Group Formation and Linguistic Adaption in an Online Xenophobic Forum.** Journal of Social and Political Psychology, vol 6(1), pg. 76-91. 2018.

BARLOW, John P. **A Declaration of the Independence of Cyberspace.** Carta Aberta, 8 de Fevereiro de 1996. Disponível em <<https://www.eff.org/cyberspace-independence>>. Acesso em Out. 2018.

BAYERN, A.M.P. von; DANIEL, S./ AUERSPERG, A.M.I.; MIODUSZEWSKA, B.; KACELNIK, A. **Compound tool construction by New Caledonian Crows.** [Digital] Scientific Reports (8), 24 de Outubro de 2018. Springer Nature. Disponível em <<https://www.nature.com/articles/s41598-018-33458-z>>. Acesso em Nov. 2018.

BEDINGFIELD, Will. **How the hell did Uber just lose \$5 billion in three months?.** Revista Wired, 10 de Agosto de 2019. Disponível em <<https://www.wired.co.uk/article/why-is-uber-losing-money-analysis>>, acesso em Novembro 2019.

BEER, Jonathan. **"WannaCry" ransomware attack losses could reach \$4 billion.** CBS News, 16 de Maio de 2017. Disponível em <<https://www.cbsnews.com/news/wannacry->

ransomware-attacks-wannacry-virus-losses/>. Acesso em Nov. 2019.

BEHAR, Patricia A. **Artigo: O Ensino Remoto Emergencial e a Educação a Distância.** [Digital] Jornal da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, publicado em 6 de Julho de 2020. Disponível em <<https://www.ufrgs.br/coronavirus/base/artigo-o-ensino-remoto-emergencial-e-a-educacao-a-distancia/>>. Acesso em Out. 2020.

BISHOP, J.A. **An Experimental Study of the Cline of Industrial Melanism in *Biston Betularia* (L.) between Urban Liverpool and Rural North Wales.** Journal of Animal Ecology, vol. 41, no. 1, pg. 209-243. British Ecological Society. Inglaterra, 1971

BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília, 2018.

CHAMAYOU, Grégoire. **Teoria do Drone.** COSAC NAIFY. São Paulo, 2015.

CADWALLADR, Carole. **‘I made Steve Bannon’s psychological warfare tool’: meet the data war whistleblower.** The Guardian, 18 de Março de 2018. Disponível em <<https://www.theguardian.com/news/2018/mar/17/data-war-whistleblower-christopher-wylie-faceook-nix-bannon-trump>>. Acesso em Mai. 2018.

CARDOSO FILHO, Carlos A. **Máquinas, Mônadas, Daemons: Uma breve história e filosofia da máquina universal de Turing.** Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Instituto de Psicologia, programa de pós-graduação em psicologia social e institucional. Porto Alegre, RS, 2016.

CASTELLS, Manuel. **The Rise of the Network Society.** Wiley-Blackwell, 2009

CASTELLS, Manuel. **Comunicación, poder y contrapoder en la sociedad red (II). Los nuevos espacios de la comunicación.** Telos: Cuadernos de comunicación e innovación, ISSN 0213-084X, N°. 75 págs. 11-23. Fundação Telefônica, 2008. Disponível em <<https://telos.fundaciontelefonica.com/revista/>>, Acesso Mar. 2020.

CHARLES, Arthur. **Why the default settings on your device should be right first time.** Jornal The Guardia, Londres, Reino Unido. Publicado em 1º de Dezembro de 2013, disponível em <<https://www.theguardian.com/technology/2013/dec/01/default-settings-change-phones-computers>>. Acesso em Setembro 2017.

COLDEWEY, Devin. **Inside Amazon's surveillance-powered, no-checkout convenience store.** [Digital] Techcrunch.com, 21 de Janeiro de 2018. Disponível em <<https://techcrunch.com/2018/01/21/inside-amazons-surveillance-powered-no-checkout-convenience-store/>>. Acesso em Nov. 2019.

CORTEX, Plataforma. **Quem somos.** [Digital] Disponível em <[https://plataforma.cortexai.com.br/web/site/who\\_we\\_are](https://plataforma.cortexai.com.br/web/site/who_we_are)>. Acesso em Dezembro 2020.

COX, Joseph. How the U.S. Military Buys Location Data from Ordinary Apps. Revista Vice, 16 de Novembro de 2020. Disponível em <<https://www.vice.com/en/article/jgqm5x/us-military-location-data-xmode-locate-x>> Acesso em Nov. 2020.

CPERS. **98% dos professores da rede estadual estão trabalhando mais durante a pandemia.** [Digital] 22 de Setembro de 2020. Disponível em <<https://cpers.com.br/98-dos-professores-da-rede-estadual-estao-trabalhando-mais-durante-a-pandemia/>>. Acesso em Nov. 2020.

CRICHTON, Michael (1972). **The Terminal Man.** Ed. HarperCollins, Nova Iorque, EUA. 2002

DAVEY, Jacob; EBNER, Julia. **The Fringe Insurgency, Connectivity, Convergence and Mainstreaming of the Extreme Right.** [Digital] Institute for Strategic Dialogue, publicado em Outubro 2017. Disponível em <<http://www.isdglobal.org/wp-content/uploads/2017/10/The-Fringe-Insurgency-221017.pdf>>. Acesso, Set. 2018.

DAWKINS, Richard. **Climbing Mount Improbable.** W&W Norton e Company, Nova Iorque, EUA. 1996

**DEPARTAMENTO de Informática Aplicada.** PLANO DE ENSINO - INF01210 INTRODUÇÃO À INFORMÁTICA 2009/2. Disponível em <<https://www.inf.ufrgs.br/dep.ina/planos/inf01210.pdf>>. Acesso em Jun. 2020.

DESCARTES, René (1637). **Discurso sobre o Método.** Editora Hemus, São Paulo. 1978?.

DRUMMOND, Aaron; SAUER, James D. **Video game loot boxes are psychologically akin to gambling.** [Digital] Nature Human Behaviour volume 2, pages530–532(2018). Disponível

em <<https://www.nature.com/articles/s41562-018-0360-1>>. Acesso em un. 2020.

DUTRA, Ítalo M. LACERDA, Rosália P. **Tecnologias na escola: algumas experiências e possibilidades**. CINTED- UFRGS. Porto Alegre, 2003.

EDWIN, Lionel E.; YEOH, Ivan L. MILLER, Samuel A. **Dynamic display calibration based on eye-tracking**. [Patente] Depositante: Magic Leap Inc. US10260864B2. Concessão: 16 Abr. 2019.

ESHET-ALKALAI, Yoram. **Digital Literacy: A Conceptual Framework for Survival Skills in the Digital Era**. Journal of Educational Multimedia and Hypermedia (2004) 13(1),93-106. Association for the Advancement of Computing in Education. Waynesville, EUA. 2004

FERRARA, Emilio; VAROL, Onur, DAVIS, Clayton; MENCZER, Filippo; FLAMMINI, Alessandro. **The Rise of Social Bots**. Communications of the ACM, Julho 2016, vol 59 nº 7, pg. 96-104. Association for Computer Machinery, Nova Iorque, EUA, 2016.

FOUCAULT, Michel. **Vigiar e punir: nascimento da prisão**. Trad. Raquel Ramallete. 27ª ed. Editora Vozes. Petrópolis, 1987.

**FRANÇA: aprovada lei para proibir celulares em salas de aula**. Deutsche Welle Disponível em <<https://www.dw.com/pt-br/fran%C3%A7a-aprovada-lei-para-proibir-celulares-em-escolas/a-44116304>>. Acesso em Outubro 2018

**FRANKENSTEIN**. [Filme] Direção: James Whale. Produção: Carl Laemmle Jr.. Distribuição: Universal Pictures, EUA, 191.

FREIRE, Paulo (1968). **Pedagogia do Oprimido**. Ed. Saraiva. Rio de Janeiro, 2012

FREIRE, Paulo (1996). **Pedagogia da Autonomia, saberes necessários à prática educativa**. 45ª ed. Ed. Villa das letras, Rio de Janeiro, 2013.

GATES, William H. **An Open Letter to Hobbyists**. Carta Aberta, 3 de Fevereiro de 1976. Disponível em <<http://www.blinkenlights.com/classiccmp/gateswhine.html>>. Acesso em Out. 2018.

GATTI, Bernardete A. **Grupo focal na pesquisa em ciências sociais e humanas**. Liber livro,

Brasília, 2005.

GIBSON, William. **Burning Chrome**. Ed. Harper Voyager. Londres, Inglaterra. 1986

GIOLO, Jaime. **Educação a Distância no Brasil: a expansão vertiginosa**.

GRANTZ, Kyra H.; MEREDITH, Hannah R.; CUMMINGS, Derek A. T.; METCALF, Jessica E.; GRENFELL, Bryan T.; GILES, John R.; MEHTA, Shruti; SOLOMON, Sunil. LABRIQUE, Alain. KISHORE, Nishant; BUCKEE, Caroline; WESOLOWSKI, Amy. **The use of mobile phone data to inform analysis of COVID-19 pandemic epidemiology**. Nature Communications 11, publicado em 30 de Setembro de 2020. Disponível em <<https://doi.org/10.1038/s41467-020-18190-5>>, acesso em Nov. 2020.

HAN, Byung-Chul. **Psicopolítica, Neoliberalismo y nuevas técnicas de poder**. Trad. Alfredo Bergés. Ed. Hélder, Barcelona, Espanha. 2014.

HAN, Byung-Chul. **Sociedade da Transparência**. Ed. Vozes, Petrópolis, Rio de Janeiro, 2017.

HARARI, Yuval (2012). **Sapiens, uma breve história da humanidade**. 32ª edição. Ed. L&PM. Porto Alegre, RS, 2018.

HARAWAY, Donna (1985). O Manifesto Ciborgue, Ciência, Tecnologia e feminismo-socialista no final do século XX. In: HARAWAY, Donna, KUNZRU, Hary; TADEU, Tomaz. **Antropologia do ciborgue, as vertigens do pós-humano**. 2ª Edição, Ed. Autêntica, Belo Horizonte, 2009.

HOFFMAN, Jay. **The History of the Browser Wars: When Netscape Met Microsoft** [Digital]. Thehistoryoftheweb.com, Junho 2017. Disponível em <<https://thehistoryoftheweb.com/browser-wars/>>. Acesso em Dez. 2020.

HOWELL, Elizabeth. **Harvard's 'Computers': The Women Who Measured the Stars**. [Digital] Space.com, publicado em 10 de Novembro de 2016. Disponível em <<https://www.space.com/34675-harvard-computers.html>>. Acesso em Set. 2020.

HUXLEY, Aldous (1932). **Admirável Mundo Novo**. Ed. Globo. São Paulo. 2009.

IBGE, Agência de Notícias. **PNAD Contínua TIC 2018: Internet chega a 79,1% dos domicílios do país.** [Digital] Agência de Notícias IBGE, 29 de Abril de 2020. Disponível em <<https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/agencia-sala-de-imprensa/2013-agencia-de-noticias/releases/27515-pnad-continua-tic-2018-internet-chega-a-79-1-dos-domicilios-do-pais>> acesso em Novembro 2020.

IBSEN, Edécio F.; BERCHT, Magda; REATEGUI, Eliseo B. **Sistema de Recomendação de Exercícios de Algoritmos, Considerando o Aspecto Afetivo e Frustração do aluno.** Congresso Iberoamericano de Informática Educativa, Volumen 1, pp 403- 409, Santiago de Chile. 2010

IFIXIT. **Manifesto pelo Reparo.** [Digital] Disponível em <<https://pt.ifixit.com/Manifesto>>. Acesso em Out. 2019

**Internet LIVE STATS.** Disponível em <[www.internetlivestats.com/internet-users/](http://www.internetlivestats.com/internet-users/)>. Acesso em Out. 2020.

KAY, Alan. **A personal computer for children of all ages.** Proceedings of the ACM National Conference, Boston, EUA. 1972

KESSLER, Sarah. **How Occupy Wall Street Is Building Its Own Internet.** [Digital] Mashable, 14 de Novembro de 2011. Disponível em <<https://mashable.com/2011/11/14/how-occupy-wall-street-is-building-its-own-internet-video/>>. Acesso Jun. 2018.

KHAN, Salman (2012). **Um mundo, uma escola – A educação reinventada.** Trad: George Schlesinger. Editora Intrínseca, São Paulo. 2013.

KINGSFORD, Peter W. **James Watt, Scottish inventor** [Digital]. Encyclopedia Britannica, Mai. 1999. disponível em <<https://www.britannica.com/technology/ENIAC>>. Acesso em Mai. 2021.

KIRILENKO, Andrei; KYLE, Albert S.; SAMADI, Mehrdad; TUZUN, Tugkan. **The Flash Crash: High-Frequency Trading in an Electronic Market.** The Journal of Finance, vol. 72, nº 3. Wiley-Backwell, Nova Jersey, 2017.

KUMAR, Srijan; LESKOVEC, Jure; HAMILTON, William L.; JURAFSY, Dan. **Community**

**Interaction and Conflict on the Web.** IW3C2, 2018.

LANGNER, Ralph. **To Kill a Centrifuge.** The Langner Group. Arlington, Hamburgo, Munique, 2013.

LATOURE, Bruno (1999). **Políticas da Natureza: Como associar as ciências à democracia.** Editora UNESP, São Paulo, 2019.

LATOURE, Bruno (1999). **A Esperança de Pandora: Ensaio sobre a realidade dos estudos científicos.** Editora UNESP, São Paulo, 2017.

LE, Quoc V; RANZATORANZATO, Marc'Aurelio; MONGA, Rajat; DEVIN, Matthieu; CHENKAICHEN, Kai; CORRADO, Greg S.; DEN, Jeff. NG, Andre Y. **Building High-level Features Using Large Scale Unsupervised Learning.** Proceedings 29ª Conferência internacional de Machine Learning. Edinburgo, Escócia, Reino Unido. 2012

LESSIG, Lawrence. **Free Culture: How Big Media uses technology and the Law to lock down culture and control creativity.** Ed. The Penguin Press. Nova Iorque, EUA. 2004. Disponível em <<http://free-culture.cc/freeculture.pdf>>. Acesso em Out. 2016.

LÉVY, Pierre (1990). **As Tecnologias da Inteligência, o Futuro do Pensamento na Era da Informática.** Trad. Carlos I. da Costa. Ed. 34, São Paulo. 1997.

LICHARD, Guilherme, CHRISTEN, Julien. **Using Nudges to Prevent Student Dropout in the pandemic.** Preprint arXiv, Setembro 2020. Disponível em <<https://arxiv.org/abs/2009.04767>>. Acesso em Nov. 2020.

LUMINA. **Moodle para Alunos, 2ª Edição.** [Digital] Plataforma Lúmina, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Disponível em <<https://lumina.ufrgs.br/course/view.php?id=76>>. Acesso, Nov. 2020.

MACEDO, Lino. **Ensaio Construtivistas.** São Paulo, Casa do Psicólogo, 2010.

MACROTRENDS. **Facebook Market Cap 2009-2020.** [Digital] Disponível em <<https://www.macrotrends.net/stocks/charts/FB/facebook/market-cap>>. Acesso em Nov. 2020.

MACROTRENDS. **Nasdaq historical Chart.** [Digital] Disponível em < <https://>

[www.macrotrends.net/1320/nasdaq-historical-chart](http://www.macrotrends.net/1320/nasdaq-historical-chart)>. Acesso em Jun. 2018.

MARKOFF, John. **Negroponte leva laptop popular a Davos**. Tradução Paulo Migliacci. Folha de São Paulo, São Paulo, 1 de Fev. 2005. Disponível em: <<https://www1.folha.uol.com.br/fsp/dinheiro/fi0102200521.htm>>. Acesso em Set. 2020.

MATTOS, Pedro L. C. L. **A entrevista não-estruturada como forma de conversação: razões e sugestões para sua análise**. Revista de Administração Pública - RAP, vol. 39, núm. 4, julho-agosto de 2005, pp. 823-846. Escola Brasileira de Administração Pública e de Empresas. Rio de Janeiro, 2005

**MATRIX**. [Filme] Direção: Lana e Lily Wachowsky. Produção: Joel Silver. Distribuição: Warner Bros., EUA. 1999

MATURANA, Humberto R.; VARELA, Francisco G (1984). **El árbol del conocimiento, las bases biológicas del entendimiento humano**. Ed. Lúmen, Buenos Aires, Argentina, 2003.

MENABREA, L. F. **Sketch of the Aalytical Engine Invented by Charles Babbage**. Trad. e anotações Ada Augusta, condessa de Lovelace. Biblioteca niversal de Genebra. Genebra, 1842. Disponível em <<http://www.fourmilab.ch/babbage/sketch.html>>, Acesso em Out. 2016.

MERTON, Thomas (1965). **A via de Chuang Tzu**. Ed. Vozes, Petrópolis, 1984

MICROSOFT, Azure. **O que é o SaaS? Software como serviço**. Disponível em <<https://azure.microsoft.com/pt-br/overview/what-is-saas/>>. Acesso em Nov 2020.

MONTANEGRO, Jacques; MAURICE-NAVILLE, Danielle (1994). **Piaget, ou a Inteligência e Evolução**. Trad. Tânia B. I Marques e Fernando Becker. Ed. Artmed, Porto Alegre, 1998.

MOORE, Gordon E. **Cramming more components onto integrated circuits**. Electronics Magazine, Vol. 38, No. 8. Ed. Mcgraw-Hill. Nova Iorque, EUA. 1965. Disponível em <<https://newsroom.intel.com/wp-content/uploads/sites/11/2018/05/moores-law-electronics.pdf>>. Acesso em Mar. 2020.

MOROZOV, Evgeny. **Big Tech: A Ascensão dos dados e a morte da política**. Trad. Claudio Marcondes. ed. Ubu. São Paulo, 2018

MOROZOV, Evgeny. **A Batalha Geopolítica do 5G**. Le Monde Diplomatique Brasil, 1 de outubro de 2020 (a). Disponível em <<https://diplomatique.org.br/a-batalha-geopolitica-do-5g/>>. Acesso em Dez. 2020.

MOROZOV, Evgeny. **Solucionismo, nova aposta das elites globais**. Trad. Simone Paz. Revista Outras Palavras, Abril 2020(b). Disponível em <<https://outraspalavras.net/tecnologiaemdisputa/solucionismo-nova-aposta-das-elites-globais/>>. Acesso em Set. 2020.

NEUMANN, John von. **First Draft of a Report on the EDVAC**. Moore School of Electrical Engineering University of Pennsylvania. 1945. Disponível em <<http://abelgo.cn/cs101/papers/Neumann.pdf>>. Acesso em Mai. 2020.

**NEWCOMEN Atmospheric Engine** [Digital]. Wikipedia.org. Disponível em <[https://en.wikipedia.org/wiki/Newcomen\\_atmospheric\\_engine](https://en.wikipedia.org/wiki/Newcomen_atmospheric_engine)>. Acesso Jul 2020.

NIELSEN, Jakob. **Usability 101: Introduction to usability**. [Digital] Nielsen Norman Group 3 de Janeiro de 2012, disponível em <<https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>>. Acesso em Julho 2017.

NONAKA, Ikujiro. **The Knowledge-Creating Company**. Harvard Business Review, Julho-Agosto 2007. Disponível em <<https://hbr.org/2007/07/the-knowledge-creating-company>>. Acesso em Jun. 2020.

O'NEIL, Cathy. **Weapons of Math Destruction**. Ed. Crown. Nova Iorque, EUA, 2016.

[OMS] Organização Mundial de Saúde. **Digital tools for COVID-19 contact tracing Annex: Contact tracing in the context of COVID-19**. [Digital], publicado em 2 de Junho de 2020. Disponível em <[file:///tmp/mozilla\\_user0/WHO-2019-nCoV-Contact\\_Tracing-Tools\\_Annex-2020.1-eng.pdf](file:///tmp/mozilla_user0/WHO-2019-nCoV-Contact_Tracing-Tools_Annex-2020.1-eng.pdf)>. Acesso Nov. 2020.

[ONU] Organização das Nações Unidas. **Oral Revisions of 30 June. Publicado em 30 de Junho de 2016**. Disponível em: <[https://www.article19.org/data/files/Internet\\_Statement\\_Adopted.pdf](https://www.article19.org/data/files/Internet_Statement_Adopted.pdf)>. Acesso Dez. 2017.

PARISER, Eli. **The Filter Bubble: How the personalized web is changing what we read and how we think**. Ed. Penguin Books. Nova Iorque, 2011.

PIAGET, Jean; GRÉCO, Pierre (1959). **Aprendizagem e Conhecimento**. Livraria Freitas Bastos (SP), 1974.

PIAGET, Jean (1966). **O Nascimento da Inteligência na Criança**. Quarta edição, LTC Editora. Rio de Janeiro, 1987.

PIAGET, Jean, (1967). **Biologia e Conhecimento: Ensaio sobre as relações entre as regulações orgânicas e os processos cognoscitivos**. trad. Francisco M. Guimarães. Ed. Vozes, Petrópolis, RJ, 1996

PIAGET, Jean (1974). **Fazer e Compreender**. Ed. Melhoramentos, São Paulo, 1978.

PRENSKY, Marc. **Nativos Digitais, Imigrantes Digitais**. Tradução: Roberta de Moraes Jesus de Souza. On the Horizon, Vol. 9 No. 5. MCB University Press. 2001

PRESSMAN, Roger S. **Engenharia de Software, uma abordagem profissional**. Sétima edição. Ed. AMGH, Porto Alegre, 2011.

REIMER, Jeremy. **Total share: 30 years of personal computer market share figures** [Digital]. Arstechnica.org, 2005. Disponível em <<https://arstechnica.com/features/2005/12/total-share/3/>>. Acesso em Maio 2021.

RIBEIRO, Ana C. R. **Letramento Digital: uma abordagem através das competências na formação docente**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federa do Rio Grande do Sul, Programa de Pós-graduação em Educação. Porto Alegre, 2013

RITTER, Jay. Google's **IPO, 10 Years Later**. Forbes, Agosto 2014. Artigo disponível em: <<https://www.forbes.com/sites/jayritter/2014/08/07/googles-ipo-10-years-later/>>, acesso em Jun. 2020.

ROBERTS, Sarah. **O trabalho dos moderadores de conteúdo, entrevista com Sarah Roberts**. [Digital] Digilabour, 6 de setembro de 2019. Disponível em <<https://digilabour.com.br/2019/09/06/o-trabalho-dos-moderadores-de-conteudo-entrevista-com-sarah-roberts/>>. Acesso em Out. 2019

ROSE, Nikolas. **The Politics of Life Itself, Biomedicine, Power, and Subjectivity in the Twenty-First Century**. Princeton University Press. Princenton, EUA. 2007

SACK, Harald. **Joseph Weizenbaum and his Famous Eliza**. [Digital] SicHi Blog, 8 de Janeiro de 2018. Disponível em <<http://scihi.org/joseph-weizenbaum-eliza/>>. Acesso em Nov 2019.

SACKS, Oliver (1985). **The man who mistook his wife for a hat and other clinical trails**. Ed. Simon schuster. 1998

SEARLE, John. **Minds, brains, and programs**. Behavioral and Brain Sciences , vol. 3, pg. 417-457. Cambridge Press, Reino Unido. 1980.

SHELLEY, Mary W. **Frankenstein, or The Modern Prometheus**. Ed. Henry Colburn and Richard Bentley. Dublin, Reino Unido. 1831. Disponível em <<http://www.gutenberg.org/files/42324/42324-h/42324-h.htm>> 2014. Acesso em Junho 2020.

SIDDIQUEE, Ali. **The portrayal of the Rohingya genocide and refugee crisis in the age of post-truth politics**. Asian Journal of Comparative Politics, Vol. 5(2) 89–103. SAGE Journals, Thousand Oaks California, EUA. 2020

SILVA, Patrícia F. **O Uso das Tecnologias Digitais com Crianças de 7 Meses a 7 Anos: Como as Crianças estão se Apropriando das Tecnologias Digitais na Primeira Infância?**. Tese (Doutorado) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Centro Interdisciplinar de Novas Tecnologias na Educação, programa de pós-graduação em Informática na Educação. Porto Alegre, RS, 2017.

SIMONDON, Gilbert (1958). **On the modes of existence of Technical Objects**. Trad. Ninian Mellamphy. University of Western Ontario, EUA, 1980. Disponível em <<http://www-personal.umich.edu/~dhoppe/SimondonGilbert.OnTheModeOfExistence.pdf>>. Acesso em Nov. 2017.

SOARES, Magda. **Letrameto e Alfabetização: as muitas facetas**. [Digital] Revista Brasileira de Educação, Abr 2004, no.25, p.5-17. Disponível em <<https://doi.org/10.1590/S1413-24782004000100002>>. Acesso Mai. 2017.

SRNIECK, Nick. **Platform Capitalism**. Polity Press, Cambrige, Inglaterra. 2017.

STALLMAN, Richard (1985). **The Gnu Manifesto**. [Digital] Gnu.org. Disponível em

<<https://www.gnu.org/gnu/manifesto.en.html>>. Acesso em Nov. 2018.

STANLEY, Jay. **Protests, Aerial Surveillance, and Police Defunding**. [Digital] American Civil Liberties Union, 24 de Junho de 2020. Disponível em <<https://www.aclu.org/news/national-security/protests-aerial-surveillance-and-police-defunding/>>. Acesso em Nov. 2020.

SWAINE, Michael R. FREIBERGER, Paul A. **ENIAC COMPUTER** [Digital]. Encyclopedia Britannica, Out. 2008. disponível em <<https://www.britannica.com/technology/ENIAC>>. Acesso em Mai, 2021.

TANKOVSKA, H. **YouTube - Statistics & Facts** [Digital]. Statista, 2019. Disponível em <<https://www.statista.com/topics/2019/youtube/>>. Acesso em Jul. 2020.

TAYLOR, Ashley; SHANKAR, Shreya. **CS101 - Introduction to Computing Principles**. [Digital] Web Stanford. Disponível em <<https://web.stanford.edu/class/cs101/>>. Acesso, Out. 2020.

**The FIRST ELECTRIC telegraph in 1837 revolutionised communications** [Digital]. The Telegraph, Dez. 2016. Disponível em <<https://www.telegraph.co.uk/technology/connecting-britain/first-electric-telegraph/>>. Acesso em Mar. 2021.

THE MENTOR. **The Conscience of a Hacker**. Carta Aberta, 8 de Janeiro de 1986. Disponível em <<http://www.phrack.org/archives/issues/7/3.txt>>. Acesso em Out. 2018.

**The TORTOISE Transistor Wins the Race** [Digital]. Computerhistorymuseum.org. Disponível em <<https://www.computerhistory.org/revolution/digital-logic/12/279>>. Acesso em Out. 2020.

**Transistor Count** [Digital]. Wikipedia.org. Disponível em <[https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor\\_count](https://en.wikipedia.org/wiki/Transistor_count)>. Acesso em Out. 2020.

TURING, Alan M. **On Computable Numbers, with an Application to the Entscheidungsproblem**. Proceedings of the London Mathematical Society. 2. 42. pp. 230–65. Londres, Reino Unido. 1936. Disponível em <[http://www.cs.virginia.edu/~robins/Turing\\_Paper\\_1936.pdf](http://www.cs.virginia.edu/~robins/Turing_Paper_1936.pdf)>. Acesso em Mar. 2019.

TURING, Alan. M. **Computing Machinery and Intelligence**. Mind, a Quarterly Review f

Psychology and Philosophy. Vo 4, No. 236, pg. 433-461. 1950. Ed. Thomas Nelson & Sons, Ltd. Edinburgo, Escócia, 1950. Disponível em <<https://www.csee.umbc.edu/courses/471/papers/turing.pdf>>. Acesso em Nov. 2018.

UENUMA, Francine. **20 Years Later, the Y2K Bug Seems Like a Joke—Because Those Behind the Scenes Took It Seriously**. Revista Time, Dez. 2019. Disponível em <<https://time.com/5752129/y2k-bug-history/>>. Acesso em Mar. 2021.

VESCHI, Benjamin. **Etimologia de Tecnologia** [Digital]. Disponível em <<https://etimologia.com.br/tecnologia/>>. Acesso em Mar. 2021.

VOLLMER, Anna-Lisa; READ, Robin; TRIPPAS, Dries; BELPAEME, Tony. **Children conform, adults resist: A robot group induced peer pressure on normative social conformity**. Science Robotics, vol 3, 15 Agosto 2018. American Association for the Advancement of Science, Washington, EUA. 2018.

WILSON, Carolyn; GRIZZLE, Alton; TUAZON, Ramon; AKYEMPONG, Kwame; CHEUNG, Chi-kim. **Media and Information Literacy Curriculum for Teachers**. UNESCO, Paris, 2011.

ZIMMERMAN, Kim A. EMSPACK, Jesse. **Internet History Timeline** [Digital]. Livescience.com, Junho 2017. Disponível em <<https://www.livescience.com/20727-internet-history.html>>. Acesso em Mai. 2021.

ZOU, James; SCHIENBINGER, Londa. **AI can be sexist and racist - it's time to make it fair**. Nature 559 pg324-326. 2018. Disponível em <<https://www.nature.com/articles/d41586-018-05707-8>>. Acesso em Fev. 2020.

**Anexo I: Termo de Consentimento esclarecido para entrevista****Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação  
Universidade Federal do Rio grande do Sul (PPGIE/UFRGS)**

Termo de Consentimento Esclarecido para Entrevista

**Pesquisa:** "Revelando a Cidadania Digital"

Me chamo Lucas Eishi Pimentel Mizusaki e estou fazendo uma pesquisa chamada "Revelando a Cidadania Digital". Nela, busco discutir com os participantes sobre como eles usam a tecnologia no seu dia a dia e como eles poderiam transpor os seus usos para a sua própria educação, procurando pontuar alguns de seus saberes fazeres e conhecimentos técnicos.

Convido você a participar de uma entrevista na qual conversaremos sobre como você se relaciona com a tecnologia, tanto na sua forma de se relacionar com as outras pessoas, quanto tarefas do dia a dia. A entrevista tentará abordar uma perspectiva cidadã da tecnologia, como você vê o exercício de sua cidadania pelo seu meio, e como você desdobra estes usos para a educação. Peço sua permissão para gravar a entrevista, observando que:

- Você não será identificado e não será disponibilizada qualquer tipo de informação pessoal sua, tais como nome, RG, cartão da UFRGS ou meio de contato.
- Você pode pedir esclarecimentos sobre o projeto pelo meu contato disponibilizado abaixo.
- Você ficará com uma cópia desse termo para qualquer dúvida posterior.
- As entrevistas serão transcritas e armazenadas, mas você pode pedir para que ela seja apagadas.
- A sua participação é voluntária, e seu consentimento pode ser retirado a qualquer momento sem que hajam quaisquer prejuízos e constrangimentos. Caso isso aconteça, não será mantido nenhum registro de sua

Eu, \_\_\_\_\_, declaro que fui informado(a) com clareza e sem constrangimento sobre o trabalho e concordo com a participação no mesmo.

Porto Alegre, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2019

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Entrevistado

\_\_\_\_\_  
Contato do Entrevistado

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pesquisador

Pesquisador: Doutorando Lucas Eishi Pimentel Mizusaki; Programa de pós-graduação em Informática na Educação computação – CINTED/UFRGS. Contato: (51) 992521285; E-mail: mzkucas@outlook.com  
Pesquisador Responsável Dr. Dante Augusto Couto Barone; Programa de pós-graduação em Informática na Educação – Instituto de Informática UFRGS. Contato: barone@inf.ufrgs.br

Comitê de Ética e Pesquisa da UFRGS: Telefone: 51 3308 3738, e-mail: etica@propesq.ufrgs.br

## **Anexo II: Termo de Consentimento esclarecido para Grupo Focal**

### **Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação Universidade Federal do Rio grande do Sul (PPGIE/UFRGS)**

Termo de Consentimento Esclarecido para Entrevista

**Pesquisa:** "Revelando a Cidadania Digital"

Me chamo Lucas Eishi Pimentel Mizusaki e estou fazendo uma pesquisa chamada "Revelando a Cidadania Digital". Nela, busco discutir com os participantes sobre como eles usam a tecnologia no seu dia a dia e como eles poderiam transpor os seus usos para a sua própria educação, procurando pontuar alguns de seus saberes fazeres e conhecimentos técnicos.

Convido você, que participou da oficina da Cidadania Digital, a participar de um grupo focal no qual conversaremos sobre como foi a atividade para você e seus colegas. Um grupo focal é uma entrevista coletiva, no qual você discutirá com os outros participantes sobre a sua experiência, buscando pontos de concordância e discordância. Peço sua permissão para gravar a entrevista, observando que:

- Você não será identificado e não será disponibilizada qualquer tipo de informação pessoal sua, tais como nome, RG, cartão da UFRGS ou meio de contato.
- Você pode pedir esclarecimentos sobre o projeto pelo meu contato disponibilizado abaixo.
- Você ficará com uma cópia desse termo para qualquer dúvida posterior.
- As entrevistas serão transcritas e armazenadas, mas você pode pedir para que ela seja apagada.
- A sua participação é voluntária, e seu consentimento pode ser retirado a qualquer momento sem que hajam quaisquer prejuízos e constrangimentos. Caso isso aconteça, não será mantido nenhum registro de sua

Eu, \_\_\_\_\_, declaro que fui informado(a) com clareza e sem constrangimento sobre o trabalho e concordo com a participação no mesmo.

Porto Alegre, \_\_\_\_ de \_\_\_\_\_ de 2019

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Entrevistado

\_\_\_\_\_  
Contato do Entrevistado

\_\_\_\_\_  
Assinatura do Pesquisador

Pesquisador: Doutorando Lucas Eishi Pimentel Mizusaki; Programa de pós-graduação em Informática na Educação computação – CINTED/UFRGS. Contato: (51) 992521285; E-mail: mzkucas@outlook.com  
Pesquisador Responsável Dr. Dante Augusto Couto Barone; Programa de pós-graduação em Informática na Educação – Instituto de Informática UFRGS. Contato: barone@inf.ufrgs.br

Comitê de Ética e Pesquisa da UFRGS: Telefone: 51 3308 3738, e-mail: etica@propesq.ufrgs.br

**ANEXO III: Roteiro de entrevistas**

Olá professor(a), esta é uma entrevista para a pesquisa sobre professores e suas apropriações da tecnologia.

Estamos todos imersos em uma realidade tecnológica e, de uma maneira ou de outra, adotamos uma série de práticas e "fazeres" que dependem de uma infraestrutura de aparelhos e programas, de plataformas e leis, de práticas e conhecimentos. Algumas vezes, podemos imaginar que essa realidade tecnológica é uma marcha de um desenvolvimento, um futuro inevitável para o qual nos dirigimos. Mas esse é um destino nebuloso, sobre o qual se projetam diferentes desejos e diferentes projetos.

Agora, com a pandemia do COVID-19 e as medidas de isolamento social, um novo impulso surge para adotarmos o ensino EaD, cursos rápidos e novas plataformas são lançados em movimentos que tentam reformar o ensino. Mas, por mais que este seja um momento extraordinário, já haviam movimentos anteriores e mudanças silenciosas nas práticas de ensino e aprendizagem. Esta entrevista parte do princípio de que estes fazeres constituem um letramento, um domínio de competências necessárias para ser viver nessa realidade tecnológica, o qual nós aprendemos informalmente, muitas vezes guiados pela necessidade, e não pelo interesse.

Essa entrevista se constitui em cinco tópicos e busca explorar os fazeres e as concepções que você tem sobre a tecnologia. No decorrer dela, posso acabar fazendo uma ou duas contraposições ao que afirmares, isso faz parte da metodologia da pesquisa.

1. Cite uma tecnologia que você usa no seu dia a dia. O que ela te permite fazer? Você a usa para trabalhar?
2. Como você usa essa tecnologia?
3. Você acha que essa tecnologia te limita? Quais? Como ela poderia ser?
4. Que implicações você vê no uso dessa tecnologia?
5. O que você gostaria de fazer com uma ferramenta tecnológica?
6. Colocações?