

# O surgimento e a difusão do conceito de informação entre as comunidades científicas no século xx

*Aurélio Bianco Pena<sup>†</sup>*  
*Cibelle Celestino Silva<sup>‡</sup>*

## Resumo

A epistemologia de Ludwik Fleck fornece um referencial teórico útil para estudar comunidades e suas interações com base em três conceitos principais: estilo de pensamento (*Denkstil*) – como os cientistas entendem e abordam alguns fenômenos; coletivos de pensamento (*Denkkollektiv*) – uma comunidade de cientistas que troca ideias e compartilha um estilo de pensamento e “traduções” – o processo em que os coletivos pegam um conceito e o adaptam para se adequar aos seus próprios estilos. Neste texto, usamos as ideias de Ludwik Fleck (1896-1961) para analisar a consolidação do conceito de informação em diferentes comunidades científicas durante o século xx.

## Introdução

Como um conceito surge e se espalha entre cientistas e comunidades científicas? Como ele é alterado, traduzido e ressignificado? Neste capítulo, partimos do surgimento do conceito de quantidade de informação durante o século xx nos Estados Unidos e na Europa e utilizamos da perspectiva sociológica de Ludwik Fleck (1896-1961), em particular dos conceitos de coletivos de pensamento (*Denkkollektiv*) e seus estilos de pensamento (*Denkstil*) para mostrar como o conceito surgiu e se consolidou em diferentes coletivos de pensamento.

.....  
<sup>†</sup> Instituto de Física de São Carlos (IFSC), Universidade de São Paulo (USP). Para contatar o autor, por favor, escrever para aurelio.pena@usp.br

<sup>‡</sup> Instituto de Física de São Carlos (IFSC), Universidade de São Paulo (USP). Para contatar a autora, por favor, escrever para cibelle@ifsc.usp.br

Ludwik Fleck nasceu em Lviv na Polônia em 1896, estudou medicina durante a década de 1910 e se tornou fisiologista de bancada na década de 1920 (Cohen & Schnelle, 1986). Publicou sua obra magna em 1935, o livro intitulado *Entstehung und Entwicklung einer wissenschaftlichen Tatsache. Einführung in die Lehre vom Denkstil und Denkkollektiv* (Gênese e desenvolvimento de um fato científico) (Fleck, [1935] 2010). A obra sociológica de Fleck contrasta com a visão hegemônica da época, representada pelo círculo de Viena, entretanto concorda com a escola polonesa de sociologia da medicina (Löwy, 2012), resultando em um trabalho inovador, pautado na medicina e diferentemente de outros trabalhos de sociologia da ciência pautados na física (como é o caso de Thomas Khun), Fleck coloca o protagonismo nas comunidades científicas, e no social.

A comunidade de cientistas em constante troca de conhecimento é chamada, por Fleck, de coletivo de pensamento (*Denkkollektiv*). O polonês defende que o pensamento é um ato social, “uma teoria do conhecimento individualista conduz apenas a uma concepção fictícia e inadequada de conhecimento científico. A ciência consiste em algo organizado por pessoas de modo cooperativo” (Cohen & Schnelle, 1986, p. 15) e todo o nosso pensamento é determinado pela tradição social e pelas nossas vivências passadas. Essa disposição natural para uma percepção, fruto de todas as interações que o indivíduo passou, é chamada de estilo de pensamento (*Denkstil*). O estilo define uma forma de ver, guiada pelo ensino e pela prática do indivíduo.

Outro conceito importante na sociologia de Fleck para nossa análise diz respeito à linguagem. O autor de *Gênese e desenvolvimento de um fato científico* defende que as práticas de observação, percepção e reflexão teórica requerem expressões linguísticas únicas, ou seja, uma linguagem própria. Consequentemente, cada disciplina, cada campo e cada comunidade científica possui uma forma singular de linguagem – uma significação única dos conceitos.

Fleck divide as comunidades científicas em círculos esotéricos e exotéricos, os primeiros são representados pelo pequeno grupo que efetivamente está na vanguarda científica do campo, são os cientistas que propõe novas ideias, experimentos e interpretações. O segundo diz respeito às pessoas externas à comunidade, Fleck considera esses círculos como muito fechados, no sentido em que o círculo exotérico compreende apenas pessoas que tenham algum contato com o campo, mas não pertencem à vanguarda do conhecimento. Neste texto, consideramos vários círculos exotéricos já que, conforme nos afastamos do círculo esotérico, podemos chegar até pessoas sem nenhum conhecimento científico ou do campo, a sociedade em geral (nos limites dos círculos exotéricos).<sup>1</sup> Quando uma ideia (um fato científico) rompe com os limites do coletivo que a criou (círculo esotérico), ela penetra outros coletivos e outros estilos que podem dar significados diferentes para o conceito. Esse processo é chamado de tradução e compreende a ressignificação de um conceito que surgiu em um estilo para ser acomodado em outro estilo de pensamento:

.....

<sup>1</sup> Vale pontuar que, para Fleck, a sociedade geral não estava necessariamente compreendida no conceito de círculo exotérico. Nesta análise, estendemos os limites do círculo para abranger o público geral.

Os fatos científicos construídos pelos coletivos de pensamento são assimilados e estilizados, ou seja, traduzidos em seu próprio estilo, por outros coletivos de pensamento. Tal tradução implica em modificação. Os fatos não são mais os mesmos, uma vez processados e estilizados. (Delizoicov et al., 2002, p. 59)

O episódio histórico da teoria da informação é composto por comunidades científicas que se isolaram durante a Segunda Guerra Mundial; esse isolamento “geográfico” de ideias causou um processo de especiação dos estilos de pensamento, gerando, ao final do conflito, conceitos diferentes para “quantidade de informação” que ao saírem dos coletivos de pensamento que as criaram, encontraram na sociedade e na comunidade de especialistas estilos diferentes e até controversos.

Nosso recorte histórico compreende o estudo de três coletivos de pensamento: o primeiro, representado pelos Laboratórios Bell nos Estados Unidos da América que culminou nas publicações de Claude Elwood Shannon (1916-2001) em 1948 (Shannon, 1948); o segundo, europeu, representado pelo húngaro Dennis Gabor (1900-1979) (Gabor, 1946); e finalmente, o grupo da cibernética, representado pelos trabalhos de Norbert Wiener (1894-1964) (Wiener, 1948). Pretendemos mostrar como os diferentes estilos desses coletivos originaram conceitos diferentes de quantidade de informação e como esses diferentes conceitos saíram dos círculos esotéricos e encontraram os outros coletivos e a sociedade geral. Nesta análise omitimos uma análise física profunda,<sup>2</sup> direcionando a atenção para os conceitos que foram mais importantes nas mudanças e fundamentações dos estilos. Optamos pelo recorte acima, pois explorar todas as comunidades envolvidas<sup>3</sup> no problema da comunicação durante o século xx seria esboçar toda a história de um campo, o que é inviável nos limites de um capítulo.

## Os coletivos e seus estilos

O problema da comunicação está presente na história humana desde a Antiguidade, seja no fogo que simbolizava a queda de Tróia, nos mensageiros romanos ou nos tambores da África. Todavia, podemos perceber uma mudança clara no estilo de pensamento que permeia o problema da comunicação durante o período da invenção dos telégrafos elétricos, máquinas que trouxeram à tona novas questões de pesquisa como a velocidade de transmissão de informações,<sup>4</sup> a confiabilidade da transmissão, o limite do canal, etc. Essas

.....

<sup>2</sup> Para uma análise física mais detalhada dos trabalhos históricos, bem como um panorama mais geral consultar: (Pena & Silva, 2022).

<sup>3</sup> Vamos omitir os ingleses, normalmente representados por Alan Turing (1912-1954), que tinham uma interpretação própria para informação. Também omitiremos as comunidades russas e soviéticas representadas, entre outros, por Andrei Kolmogorov (1903-1987) que tiveram contribuições na cibernética e na interpretação dos trabalhos de Claude Shannon.

<sup>4</sup> O termo jargão adequado seria inteligência. A palavra informação não era utilizada e os cabos telegráficos transmitiam o que os engenheiros denominavam por inteligência. Apenas anos depois a palavra informação começou a ser utilizada, passando a designar a commodity que preenchia o interior dos cabos telegráficos.

questões passaram a ser estudadas e pesquisadas nas décadas seguintes, a invenção do telefone, rádio e posteriormente da televisão apenas impulsionaram a demanda tecnológica e aumentaram a pesquisa em comunicação. Nesse contexto algumas instituições de pesquisa aplicada surgiram, como é o caso dos Laboratórios Bell nos Estados Unidos.

### *O estilo dos Laboratórios Bell*

Formados como um setor de pesquisa da *American Telephone and Telegraph Company* (AT&T), os Laboratórios Bell promoveram um encontro único para a área da comunicação: engenheiros e matemáticos trabalhando juntos. Tal encontro fora motivado pela grande explosão econômica do início da década de 1920 nos Estados Unidos e pelo aumento na demanda tecnológica por rádios e telefones. Os membros dos Bell Labs, normalmente se limitavam a publicar no periódico de circulação interna, o *Bell Labs Technical Journal*, reduzindo o alcance das descobertas e criando um coletivo de pensamento bastante isolado das comunidades científicas.

O periódico começou a ser publicado em 1922 e sintetiza bem o estilo dos Laboratórios Bell já que publicações que orbitam em torno da comunicação, aspectos teóricos e principalmente tecnológicos são encontrados nos volumes iniciais. Nesse cenário, alguns trabalhos são de suma importância para entender a formação do estilo de pensamento do coletivo Bell, nesta seção nos atemos a dois autores: Harry Nyquist (1889-1976) e Ralph Hartley (1888-1970).

Sueco, nascido em 1889, Harry Nyquist imigrou ainda jovem para os Estados Unidos e passou a integrar os Laboratórios Bell em 1917, mesmo ano no qual obteve seu doutoramento por Yale. Em 1924, apresentou a palestra “Certain factors affecting telegraph speed” a qual gerou uma publicação de mesmo título (Nyquist, 1924) no periódico interno da instituição. Nela, Nyquist explorou algumas variáveis que pareciam prejudicar a transmissão de inteligência na telegrafia.

Do ponto de vista do estilo de pensamento, Nyquist faz uma observação muito importante, que pode ser vista como a fundamentação do estilo dos Laboratórios Bell, ao descrever as ondas que eram transmitidas pelos cabos telegráficos, o sueco afirma que uma componente dessa onda só carrega inteligência (informação) se não for previsível:

“O fato de a componente [...] não carregar inteligência [...] torna-se claro quando consideramos que seus valores são previsíveis a qualquer momento e, portanto, a componente pode ser produzida localmente” (Nyquist, 1924 p. 223).

Em suma, Nyquist associa a transmissão de inteligência à incerteza na onda transmitida – uma onda perfeitamente previsível poderia ser produzida pelo destinatário a qualquer momento, assim, o remetente não enviou nenhuma inteligência pelo fio. Essa observação será a base sobre a qual o coletivo dos Laboratórios Bell construirá o conceito de quantidade de informação: informação é incerteza.

“Transmission of Information” (Hartley, 1928) foi o título de Ralph Hartley para uma comunicação publicada em 1928 no periódico interno dos Laboratórios Bell. A comunicação foi apresentada no *International Congress of Telegraphy and Telephony* na Itália

em 1927, e trazia propostas interessantes a respeito do conceito de informação, entre elas a expressão matemática para medir quantidade de informação transmitida por um sistema de comunicação e suas consequências.

Para o estadunidense, a quantidade de informação transmitida deveria ser associada à quantidade de escolhas que o remetente pode fazer, ou seja, quanto maior a incerteza na mensagem que o destinatário receberá, mais informação deve ser transmitida, deduzindo a relação:

$$H = n \log(s) = \log(s)^n$$

onde  $s$  é o número de símbolos para cada seleção (2 no código Morse, 26 no alfabeto) e  $n$  é o número de seleções realizadas. Por exemplo, a palavra “AFHIC”, possui 5 letras (seleções) e está escrita em um alfabeto de 26 letras (símbolos), carregando consigo a quantidade de informação:

$$H = (5) \log(26)$$

A mesma palavra em código Morse (.- ..- . .... ..-.-):

$$H = (16) \log(2)$$

Para que a base do logaritmo não seja relevante,<sup>5</sup> fazemos a razão:

$$\frac{(5) \log(26)}{(16) \log(2)} \sim 1,5$$

Notamos assim que a mesma palavra (AFHIC) precisa de aproximadamente 50% mais informação para ser enviada no alfabeto romano em relação ao código Morse. O que significa que quanto mais incerto é o código, ou seja, quanto mais possibilidades de escolha o remetente tem, mais informação ele precisa transmitir para o destinatário receber a mesma mensagem.

Um estilo de pensamento foi construído na década de 1920 nos Laboratórios Bell. Nyquist e Hartley defenderam que informação é incerteza; o primeiro fez essa afirmação de forma indireta propondo que uma onda previsível poderia ser produzida pelo destinatário e por isso o remetente não estaria enviando informação, afirmando indiretamente que o envio de informação depende da indeterminação do sinal. Já Hartley afirmou isso diretamente ao definir sua medida de quantidade de informação – para ele informação é sinônimo de indeterminação.

.....

<sup>5</sup> Hartley mantém a base do logaritmo arbitrária e defende que selecionar uma base vai fixar um tamanho para a unidade de informação, que ele não define, por isso mantemos a relação comparativa (independente da base) a exemplo da forma trabalhada por ele no artigo de 1928.

A crise econômica de 1929 nos Estados Unidos marcou o início de uma recessão econômica que acompanharia o país nas décadas seguintes, reduzindo muito a pesquisa e publicações científicas. O início da Segunda Guerra Mundial marcou uma nova etapa, pois muitos dos pesquisadores envolvidos na comunicação foram recrutados para o esforço de guerra, alguns encontraram nas pesquisas armamentistas semelhanças com problemas da comunicação.

#### *Informação para Shannon*

Claude Elwood Shannon nasceu no Michigan em 30 de abril de 1916. Graduou-se em matemática e engenharia elétrica e passou a operar, sob supervisão de Vannevar Bush (1890-1974), o analisador diferencial<sup>6</sup> do MIT. Em 1940, Shannon passou a integrar a equipe dos Laboratórios Bell e em 1941 foi recrutado para o esforço de guerra dessa instituição (Gleick, 2013; Pierce, 1973). Durante esse período, Shannon teve contato com o estilo dos Laboratórios Bell, o que fica claro em seu principal trabalho, “A Mathematical Theory of Communication”, publicado em 1948 no periódico dos laboratórios. Nesse trabalho, Shannon propôs uma forma geral para calcular quantidade de informação e uma unidade para medi-la (Shannon, 1948). Um dos desafios postos aos pesquisadores dos Laboratórios Bell estava em uma das lacunas deixadas pelo artigo de Hartley: a definição de informação dada só funcionava em sistemas nos quais cada símbolo (*s*) tem a mesma chance de ser escolhido. Por exemplo, um dado viciado não poderia ser representado.

A unidade de medida de informação é o “bit”, definido como a quantidade de informação armazenada em um circuito de duas posições 1 ou 0, como um relé. Para calcular a quantidade de informação, Shannon propôs uma série de condições que deveriam ser satisfeitas para se definir uma medida para “a quantidade de ‘escolhas’ envolvidas em uma seleção” e deduziu a expressão matemática:

$$H = -K \sum_{(i=1)}^n p_i \log_s(p_i)$$

onde *K* é uma constante positiva,  $p_i$  as probabilidades de cada evento possível e *s* é o número de símbolos disponíveis (2 em um código Morse, 26 em um alfabeto).

É notável a semelhança entre a fórmula anterior e a entropia termodinâmica do teorema-H Boltzmann; Shannon nota essa semelhança e associa a informação à entropia, ou seja, associa informação à desordem, à incerteza de um sistema. Essa nova formulação para a quantidade de informação conserva características da formulação de Hartley, em particular a estrutura logarítmica, mas resolve a lacuna citada acima já que quantidade de

.....

<sup>6</sup> O analisador diferencial “uma plataforma metálica de cem toneladas cheia de eixos e engrenagens em movimento” (Gleick, 2013, p. 180) que resolvia de forma analógica equações diferenciais.

informação de Shannon é capaz de representar sistemas com quaisquer distribuições de probabilidade entre os símbolos.

Houve uma construção de um estilo próprio do coletivo de pensamento dos Laboratórios Bell, desde as considerações de Nyquist até a definição da entropia de Shannon. Informação, para esse grupo, é tratada como uma forma de incerteza, o que implica em quanto mais incerta é uma mensagem, mais informação ela carrega consigo. Essa abordagem vai conflitar com a definição do coletivo da cibernética, mas antes de discutir esses desdobramentos, vamos ver uma outra proposta de unidade de medida, feita em um estilo muito influenciado pela mecânica quântica.

### *Informação na Europa*

A mecânica quântica começou a se desenvolver na década de 1920 com a consolidação de dois grandes estilos de pensamento na Europa: a “mecânica matricial” de Werner Heisenberg, complementada por Max Born e Pascual Jordan e a “mecânica ondulatória”, de Erwin Schrödinger, baseado no trabalho de Louis de Broglie (Martins & Rosa, 2014). Ambas as abordagens carregam um estilo de pensamento enraizado na Europa usualmente associado aos trabalhos de Niels Bohr publicados em 1913: a quantização. O encontro desse estilo com o problema da comunicação resultou nos trabalhos de Dennis Gabor (Gabor, 1946).

#### *Dennis Gabor: Os logons de informação*

Dennis Gabor (1900-1979), engenheiro elétrico e físico nascido na Hungria, laureado com o Nobel em 1971 por seus trabalhos com holografia, também estudou comunicação, e publicou, em 1946, o artigo intitulado “Theory of Communication” (Gabor, 1946) no qual fez deduções a respeito das limitações ligadas à frequência e tempo de transmissão nos sistemas de comunicação. Adicionalmente, propôs uma unidade de medida de informação, em suas palavras, um “quanta de informação” denominado “logon”. Gabor usou “diagramas de informação”<sup>7</sup> que seriam “representações bidimensionais de sinais, com tempo e frequência como coordenadas” (Gabor, 1946, p. 429). Esses diagramas foram a ponte entre o problema da comunicação e a mecânica quântica, porque funcionavam de forma análoga a um oscilador harmônico quântico, no qual a indeterminação de momento e posição (princípio da incerteza de Heisenberg) são substituídas por medidas de tempo e frequência da transmissão.

A figura 1a representa um oscilador harmônico no diagrama de informação. Sabendo a frequência desse oscilador com precisão, o tempo de transmissão será completamente indefinido (linha vertical). Um sinal típico possui um intervalo de tempo e consequentemente um intervalo de frequências ( $f_1$  a  $f_2$ ) nos quais ele é transmitido e a indefinição temporal induz à indefinição na frequência, representado no diagrama de informação por um retângulo (figura 1b).

.....

<sup>7</sup> Nome dado por ele.

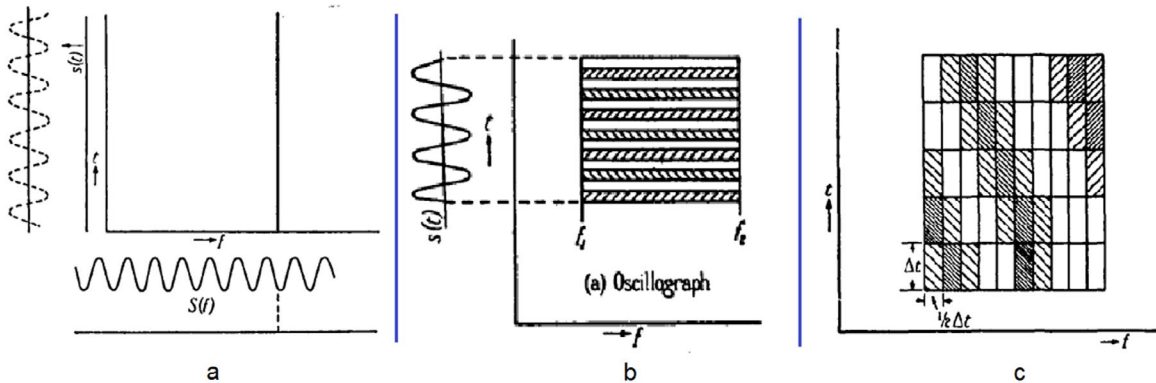


Figura 1. Representação de sinais nos diagramas de informação.  
(Adaptado de Gabor, 1946)

Gabor dividiu o retângulo que representa o sinal em várias pequenas partes (figura 1c); a menor parte possível seria a unidade básica do diagrama, ou seja, o menor retângulo possível é o *logon*, ou “quanta de informação”, e a incerteza ficaria:

$$\Delta t \Delta f > \frac{1}{2}$$

Em seguida, o húngaro encontrou o sinal que gerava o menor valor possível para a desigualdade, ou seja  $\Delta t \Delta f = 1/2$ , e o definiu como o “sinal elementar”.<sup>8</sup> Com isso, qualquer sinal no diagrama de informação poderia ser representado como uma soma de sinais elementares de lados  $\Delta t$  e  $\Delta f$ .

Essa abordagem para a comunicação, baseada na quantização de Bohr caracteriza um estilo próprio de resolver o problema da quantidade de informação, primeiramente pela fundamentação teórica adotada, pautada na mecânica quântica. Gabor procurou apoiar sua teoria no robusto aparato matemático e teórico da recente teoria, seja na formulação de uma incerteza (aos moldes de Heisenberg) ou na utilização dos diagramas de informação que se relacionam muito naturalmente ao oscilador harmônico quântico. Em segundo lugar, o húngaro não se dedicou a discutir aplicações práticas no trabalho de 1946, buscando formular uma teoria robusta para a comunicação na qual criou uma unidade de medida de informação, abordagem que, dois anos depois, seria adotada por Shannon na proposta do bit.

<sup>8</sup> O sinal é  $\psi(t) = \exp(-\alpha^2 (t - t_0)^2) \cos(2\pi f_0 t + \phi)$ , onde  $\alpha$ ,  $t_0$  e  $f_0$  são constantes associadas à características do pulso.



### *A cibernética*

O campo da cibernética desenvolveu-se na primeira metade do século xx, a partir de reuniões interdisciplinares nas quais discutia-se diferentes tópicos importantes à época, entre eles o problema da comunicação. Essas reuniões, inicialmente informais, se institucionalizaram quando a Fundação Macy Josiah Junior passou a promover encontros em New York, o primeiro deles intitulado “Feedback Mechanisms and Circular Causal Systems in Biological and Social Systems”, nos dias 8 e 9 de março de 1946 (Wiener, 1948; Von Foerster, 1952) e reuniu antropólogos, fisiologistas, psiquiatras, matemáticos, físicos, engenheiros, entre outros.

#### *A cibernética de Norbert Wiener*

Em 1948, mesmo ano da publicação do trabalho de Shannon, o matemático e filósofo estadunidense Norbert Wiener publicou o livro *Cybernetics: or control and communication in the animal and the machine* (Wiener, 1948), no qual elaborou um tratado extenso discorrendo sobre diversos tópicos, desde mecânica estatística até relações entre informação, linguagem e sociedade. O conceito central da cibernética é o de que os resultados observados de certas ações funcionam como insumos para ações futuras – conhecido por causalidade circular ou *feedback* – exemplificado pela ação de um timoneiro que mantém o curso de um navio constante em um ambiente em mudança, ajustando sua direção em resposta contínua ao efeito do ambiente sobre o barco.

Na introdução da obra, Wiener definiu quantidade de informação como uma medida do grau de organização de um sistema. No presente estudo vamos nos limitar a esse aspecto do trabalho, principalmente porque um de seus desdobramentos foi uma disputa pela definição mais adequada para o conceito de quantidade de informação entre Wiener e Shannon. A definição de quantidade de informação apresentada no *Cybernetics*:

[...] se liga muito naturalmente a uma noção clássica da mecânica estatística: a entropia. Da mesma forma que a informação é a medida do grau de organização do sistema, a entropia é uma medida do grau de desorganização; e uma é simplesmente o negativo da outra. (Wiener, 1948, p. 11)

O estilo fundado nas reuniões da cibernética e representado por Wiener discorda do estilo dos Laboratórios Bell. Os últimos defendiam que quantidade de informação é incerteza; já a cibernética tratava quantidade de informação como oposta à desordem de um sistema, como o grau de organização do sistema.

## (Des)encontro de estilos

### *O estilo esquecido*

Um estilo, bem como qualquer conhecimento ou cognição, segundo Fleck, depende profundamente do coletivo de pensamento, já que é preciso haver um coletivo que discuta ativamente o estilo para ocorrer a construção do conhecimento científico. Pelo afastamento geográfico e de estilos, os trabalhos de Denis Gabor não foram considerados nas discussões sobre quantidade de informação posteriores. O *logon* estava imbricado com uma teoria (a teoria quântica) que estava muito longe das demais aplicações da teoria da informação na época, não se podia esperar que um engenheiro, por exemplo, estivesse familiarizado com os conceitos de incerteza e a matematização que fundamentavam a teoria de Gabor.

A diferença entre os estilos da proposta de Gabor e dos estilos das comunidades que efetivamente utilizariam a teoria da informação nos problemas práticos era grande demais; o estilo não foi assimilado pelos engenheiros e acabou esquecido nos anos seguintes. Esse é um exemplo claro de um estilo de pensamento que não foi capaz de romper o círculo esotérico (e nem sobreviver dentro dele), as ideias não foram traduzidas e aproveitadas por outros coletivos. Já os estilos dos Laboratórios Bell e a cibernética alcançaram coletivos muito distantes do problema da comunicação e foram assimilados por comunidades de pesquisadores muito além das pequenas vanguardas que os propuseram ganhando notoriedade na mídia popular e científica da época, como descreveremos a seguir.

### *Dois conceitos, uma informação: o encontro de estilos nos EUA*

Limitando a análise aos anos imediatamente posteriores às publicações de 1948 nos Estados Unidos, notamos que os dois coletivos que lá se estabeleceram tinham intenções muito diferentes e concorriam entre si. Wiener e os cibernéticos, num esforço teórico, procuraram uma forma de unir quantidade de informação e mecânica estatística, enquanto Shannon nos Laboratórios Bell dedicou-se muito mais a resolver problemas práticos e novas aplicações tecnológicas envolvendo comunicação.

### *Círculo esotérico*

Os pesquisadores dos Laboratórios Bell, bem como os cibernéticos concordavam com a associação da quantidade de informação à entropia termodinâmica, pois ambos acreditavam que a estrutura matemática da entropia de Boltzmann guardava relação com a quantização da informação. Outrossim é importante salientar as diferenças entre os dois estilos para caracterizar os desenvolvimentos imediatamente posteriores às publicações de 1948: primeiro, as comunidades partiam de problemas muito distintos para definir a quantidade de informação. Os Laboratórios Bell, desde o início, estavam preocupados com otimização da comunicação e compreensão teórica dos fenômenos informacionais; já os cibernéticos se dedicaram a estudar sistemas onde os feedbacks do sistema o afetam, tais como sistemas ecológicos, biológicos, cognitivos, sociais, tecnológicos e outros. Se-

gundo o entendimento sobre a quantidade de informação dos coletivos não é o mesmo, por mais que concordem na estrutura matemática, a cibernética defende que quantidade de informação é ordem de um sistema enquanto que os Laboratório Bell afirmam que ela está relacionada à incerteza na transmissão de uma mensagem em um sistema de comunicação. Finalmente, os objetivos dos dois coletivos eram diferentes, o que se evidencia pelos caminhos tomados por Shannon e Wiener após as publicações de 1948. O primeiro dedicou-se às aplicações tecnológicas e o segundo continuou seus trabalhos teóricos multidisciplinares enquanto tentava unir a nascente teoria da informação com a mecânica estatística.<sup>9</sup>

No ano de 1950 Shannon participou da sétima conferência da fundação Macy, sobre comunicação e linguagem, apresentando para o grupo da cibernética um trabalho que abordava a análise semântica da língua inglesa. Neste trabalho ele calculou quanta incerteza há em uma palavra, baseada na que a precede no texto, isto é, calculou entropias aos moldes de sua nova publicação. Wiener, ou ouvir o seminário comenta que seu próprio “método tem alguns paralelismos com esse raciocínio” (Pias, 1946, p. 252).

Entretanto, torna-se evidente nos anos posteriores que o matemático e engenheiro dos Laboratórios Bell estava focado nas aplicações práticas da nova teoria, isso é corroborado pelos trabalhos da década de 1950, nos quais Shannon monta “máquinas pensantes” capazes de armazenar algumas informações e resolver problemas simples.

Wiener continuou sua investigação a respeito da quantidade de informação em busca de uma forma de conciliar sua definição de quantidade de informação com a mecânica estatística, baseado principalmente no problema do demônio de Maxwell<sup>10</sup> (Leff & Rex, 2002). Em 1961 Wiener publicou uma nova edição do *Cybernetics: or control and communication in the animal and the machine* incluindo dois novos capítulos sobre o tema (Wiener, 1961).

É notável que o encontro entre os estilos causou mudanças nos estilos de cada coletivo de pensamento, todavia o afastamento de interesses entre a cibernética e a comunicação dos Laboratórios Bell fez com que esses trabalhos subsequentes mantivessem algumas diferenças sem resolução, principalmente ontológicas, como é o caso da relação entre a quantidade de informação e a ordem ou a incerteza. Conforme o tempo passou, novos especialistas vieram a escolher uma das abordagens para a utilização ampla, o estilo dos Laboratórios Bell se manteve de forma mais robusta nesse processo, entretanto a cibernética não desapareceu, pelo contrário, os campos de pesquisa continuaram a coexistir explorando problemas de pesquisa diferentes.

.....  
<sup>9</sup> Não pretendemos afirmar que Shannon era desinteressado em relação à formulação teórica da teoria da informação, todavia seus interesses eram muito mais matemáticos e ligados à engenharia do que à física.

<sup>10</sup> Esse esforço não é completamente original, um artigo de 1929 de Leo Szilárd (1898-1964) (Leff & Rex, 2002), havia pavimentado o caminho para essa conexão.

*Círculo exotérico*

Para entender como cientistas afastados do problema da comunicação e até a sociedade estadunidense em geral recebeu os trabalhos de Shannon e Wiener precisamos entender o contexto social no final da década de 1940. O final da Segunda Guerra e a expansão da ameaça soviética fizeram com que as pessoas valorizassem a ciência, principalmente a aplicada a usos militares (como era o caso da incipiente teoria da informação). Somado a isso, o livro de Wiener e o artigo de Shannon, que seria republicado em formato de livro em 1949 (Shannon & Weaver, 1949) com uma introdução acessível ao público, foram best-sellers e alavancaram a popularização dos conceitos na sociedade estadunidense, principalmente os ligados à máquinas pensantes e às investigações do cérebro humano, tópicos caros à cibernética.

Como o encontro de ideias no círculo esotérico não construiu consensos a respeito de qual seria a melhor definição de quantidade de informação, a popularização dos trabalhos sobre a teoria da informação favoreceu o estilo dos Laboratórios Bell cuja abordagem se aplicava mais aos problemas da engenharia. Esse fato fez com que muitos adotassem essa forma “mais simples” de resolver problemas práticos. A cibernética manteve seu enfoque multidisciplinar. E discussões sobre a modelagem de sistemas vivos e a criação de máquinas capazes de “pensar” foram pautadas nos avanços dos cibernéticos. Consequentemente muitos pesquisadores passaram a traduzir os conceitos de informação para seus próprios campos, às vezes de forma imprecisa, gerando reações do círculo esotérico de ambos os estilos de pensamento.

*As traduções*

Segundo Fleck, tradução é o processo de adaptação de conceitos de um estilo de pensamento para que seja congruente às bases de outros coletivos. Conforme se popularizou, a teoria da informação chegou a coletivos de pensamento muito distantes da engenharia da comunicação, implicando em grandes mudanças dos conceitos para se adequarem aos novos estilos. Como reação às adaptações de outros coletivos de pensamento, Shannon (1956) publicou um breve artigo na *Scientific American* a respeito dos usos de seus conceitos em áreas como a biologia, psicologia etc:

A teoria de informação, nos últimos anos, tornou-se um ‘efeito manada’<sup>11</sup> científico. Começando como uma ferramenta para o engenheiro da comunicação, ela recebeu uma publicidade extraordinária na imprensa popular e científica. [...] pesquisadores de muitos campos diferentes, atraídos pela festa e pelas novas avenidas abertas para análise científica, estão utilizando as ideias para seus próprios problemas. Aplicações estão sendo feitas na biologia, psicologia, linguística, física básica, economia, teoria da organização, entre outros. [...] Eu pessoalmente acredito que muitos dos conceitos da teoria da informação vão provar-se úteis nesses outros campos – e realmente alguns resultados são bastante promissores – mas estabelecer essas aplicações não é um processo

.....  
<sup>11</sup> O original *bandwagon* se refere ao viés cognitivo das pessoas de aderirem a uma ideia unicamente porque muitas pessoas estão fazendo o mesmo.

trivial de traduzir as palavras para um novo contexto, mas o processo tedioso e lento de criação de hipóteses e verificação experimental. (Shannon, 1956, p. 3)

É possível perceber na citação acima que a teoria rompeu com o círculo esotérico alcançando muitos campos do conhecimento, Shannon menciona a aplicação de conceitos que se popularizaram no final da década de 1940 na biologia, psicologia, linguística, física básica, economia, teoria da organização, entre outros. Entretanto na avaliação do autor de “Mathematical Theory of Communication” a tradução era descuidada e muitos dos campos ignoravam o processo longo e tedioso pelo qual a adaptação dos conceitos deveria ocorrer.

## Conclusões

A análise da história da teoria da informação por meio das ideias de Ludwik Fleck permite entender aspectos cruciais da natureza da ciência, principalmente a característica colaborativa e social da construção de conhecimento científico, nas palavras de Lothar Schafer e Thomas Schnelle na introdução do *Gênese e desenvolvimento de um fato científico*:

A ciência [para Fleck] não é um constructo formal, mas, essencialmente, uma atividade organizada pelas comunidades de pesquisadores. É nas estruturas sociais e psíquicas, características em tais “coletivos de pensamento”, que Fleck identifica os fatores e as normas destinados a explicar o fenômeno da ciência moderna. (Fleck, [1935] 2010, p. 2)

Notamos que comunidades científicas geograficamente isoladas trabalhavam os mesmos problemas, evidenciados pela tecnologia da época. A quantidade de informação recebeu contribuições de muitos estilos e se moldou frente às contribuições da cibernética, dos Laboratórios Bell e da sociedade que adotou e apoiou a pesquisa na área; a discussão acerca da melhor forma de tratar a quantidade de informação também passou por diversos campos da pesquisa que incorporaram os novos conceitos.

As ideias de Fleck auxiliam no entendimento do episódio aqui tratado, no qual as ideias de círculos esotéricos de diferentes coletivos de pensamento acerca da informação se misturaram e chegaram (em alguns casos) a círculos exotéricos de outros coletivos tais como biólogos, cientistas sociais e na sociedade. O processo de escolha da melhor abordagem frente ao problema da comunicação, bem como as questões de pesquisa que motivaram a formação dos Laboratórios Bell na década de 1920 são fortemente dependentes dos círculos exotéricos e das demandas políticas da sociedade por tecnologia e inovação, ilustrando que a ciência não é um fenômeno isolado, mas um constructo profundamente imbricado na trama social e dependente das demandas, anseios, decisões, expectativas e necessidades da sociedade.

## Referências

- Cohen, R. S., & Schnelle, T. (Eds.). (1986). *Cognition and fact: materials on Ludwik Fleck*. Springer Science & Business Media.
- Delizoicov, D., Castilho, N., Cutolo, L. R. A., Da Ros, M. A., & Lima, A. M. C. (2002). Sociogênese do conhecimento e pesquisa em ensino: contribuições a partir do referencial fleckiano. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 19(n. especial), 52-69.
- Fleck, L. (2010). *Gênese e desenvolvimento de um fato científico: introdução à doutrina do estilo de pensamento e do coletivo de pensamento* [1935]. Fabrefactum Editora.
- Gabor, D. (1946). Theory of communication. Part 1: The analysis of information. *Journal of the Institution of Electrical Engineers-part III: radio and communication engineering*, 93(26), 429-441. <https://doi.org/10.1049/ji-3-2.1946.0074>
- Gleick, J. (2013). *A informação: uma história, uma teoria, uma enxurrada*. Editora Companhia das Letras.
- Hartley, R. V. (1928). Transmission of information 1. *Bell System technical journal*, 7(3), 535-563. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1928.tb01236.x>
- Leff, H., & Rex, A. F. (2002). *Maxwell's Demon 2 Entropy, Classical and Quantum Information, Computing*. CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9781420033991>
- Löwy, I. (2012). *Fleck no seu tempo, Fleck no nosso tempo: Gênese e desenvolvimento de um pensamento. Ludwik Fleck: estilos de pensamento na ciência*. Fino Traço.
- Martins, R. A., & Rosa, P. S. (2014). *História da teoria quântica: a dualidade onda-partícula, de Einstein a De Broglie*. Editora Livraria da Física.
- Nyquist, H. (1924). Certain factors affecting telegraph speed. *Transactions of the American Institute of Electrical Engineers*, 43, 412-422. <https://doi.org/10.1109/T-AIEE.1924.5060996>
- Pena, A. B., & Silva, C. C. (2022). Da comunicação à informação: quando a prática se sobrepõe à teoria. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, 44, e20210286. <https://doi.org/10.1590/1806-9126-rbef-2021-0286>
- Pias, C. (1946). *Cybernetics—Kybernetik. The Macy-Conferences 1946-1953*. Indicating.
- Pierce, J. (1973). The early days of information theory. *IEEE Transactions on Information Theory*, 19(1), 3-8. <https://doi.org/10.1109/TIT.1973.1054955>
- Shannon, C. E. (1948). A mathematical theory of communication. *The Bell system technical journal*, 27(3), 379-423. <https://doi.org/10.1002/j.1538-7305.1948.tb01338.x>
- Shannon, C. E. (1956). The bandwagon. *IRE transactions on Information Theory*, 2(1), 3. <https://doi.org/10.1109/TIT.1956.1056774>
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. Urbana/University of Illinois Press.
- Von Foerster, H. (1952). *Cybernetics: circular causal and feedback mechanisms in biological and social systems*. Josiah Macy, Jr. Foundation.
- Wiener, N. (1948). *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine* (1a ed.). MIT Press.
- Wiener, N. (1961). *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Machine* (2a ed.). MIT Press.