



MODELIZANDO A COGNIÇÃO: CIBERNÉTICA E INFORMAÇÃO NA ORIGEM DAS CIÊNCIAS COGNITIVAS E NOS DESTINOS DA INTELIGÊNCIA ARTIFICIAL

Lucas Paolo Vilalta¹

Editor Responsável: Otávio Morato
Revisão textual: Tailine Hijaz

RESUMO

Este artigo propõe um caminho de complementação ao estudo de Jean-Pierre Dupuy realizado no livro *Nas origens das ciências cognitivas*, no qual o autor analisa como a cibernética proporcionou modelos fundamentais para a edificação de uma ciência geral dos processos cognitivos. Partindo da premissa do autor de que conhecer é produzir modelos capazes de estruturar operações sobre os fenômenos e funções, examinamos os principais modelos cibernéticos que fundamentaram a consolidação das ciências cognitivas: a máquina de Turing, o feedback de Rosenblueth, Wiener e Bigelow, as redes neurais de McCulloch e Pitts e a arquitetura computacional de Von Neumann. Mostramos como esses modelos permitiram conceber as operações cognitivas como análogas ou funcionalmente equivalentes às operações lógico-simbólicas realizadas por máquinas artificiais e naturais. Em seguida, analisamos as razões e as consequências da ausência, na investigação de Dupuy, de uma consideração sistemática do modelo da informação digital formulado por Claude Shannon. Argumentamos que a Teoria Matemática da Informação foi fundamental não apenas para os problemas de organização dos sistemas, mas sobretudo para os

¹ Doutor, mestre e bacharel em Filosofia pela Universidade de São Paulo (USP). Atuou como pesquisador bolsista da Cátedra Oscar Sala do IEA/USP no projeto "Inteligência Artificial Responsável", especializando-se em transparência de algoritmos. É autor de *Simondon: uma introdução em devir* e co-organizador de *Máquina aberta: a mentalidade técnica de Gilbert Simondon*. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0868-3614>. E-mail: lucaspaulovl@gmail.com

problemas de comunicação entre cérebros, máquinas e sistemas cognitivos, sendo decisiva para o desenvolvimento das ciências cognitivas e da inteligência artificial. Por fim, apontamos que a incorporação desse modelo informacional complementaria a leitura de Dupuy e nos permitiria compreender de modo mais preciso que tipo de cognição vem sendo propalada para os sistemas de inteligência artificial atuais.

Palavras-chave: Dupuy; ciências cognitivas; cibernética; informação; máquinas digitais.

MODELING COGNITION: CYBERNETICS AND INFORMATION AT THE ORIGINS OF COGNITIVE SCIENCE AND IN THE ON THE PATHWAY TO ARTIFICIAL INTELLIGENCE

ABSTRACT

This article proposes a complementary approach to Jean-Pierre Dupuy's study in *On the Origins of Cognitive Science*, in which the author analyzes how cybernetics provided fundamental models for the construction of a general science of the cognitive processes. Starting from Dupuy's premise that to know is to produce models capable of structuring operations on phenomena and functions, we examine the main cybernetic models that underpinned the consolidation of the cognitive sciences: the Turing machine, the feedback model of Rosenblueth, Wiener, and Bigelow, the neural networks of McCulloch and Pitts, and the computational architecture of von Neumann. We show how these models made it possible to conceive cognitive operations as analogous or functionally equivalent to the logical-symbolic operations performed by artificial and natural machines. We then analyze the reasons for and consequences of the absence, in Dupuy's investigation, of a systematic consideration of the digital information model formulated by Claude Shannon. We argue that Mathematical Information Theory was fundamental not only to problems of system organization, but above all to problems of communication among brains, machines, and

cognitive systems, playing a decisive role in the development of the cognitive sciences and artificial intelligence. Finally, we indicate that the incorporation of this informational model would complement Dupuy's account and allow us to understand more precisely the kind of cognition currently being promoted for contemporary artificial intelligence systems.

Keywords: Dupuy; cognitive sciences; cybernetics; information; digital machines.

CONTEXTUALIZAÇÃO INTRODUTÓRIA

A tecnologia sempre se desenvolveu nas guerras. No entanto, após as guerras, os seus legados principais podem se desenvolver um pouco mais livremente nos campos científicos e técnicos. Nesse artigo, iremos apresentar alguns modelos cibernéticos que foram fundamentais para os desenvolvimentos das ciências cognitivas, para a computação, para as tecnologias da informação e da eletrônica e, de modo mais amplo, para os desenvolvimentos do campo da Inteligência Artificial. Assim, é adequado realizarmos uma contextualização introdutória que permita às leitoras e leitores se situarem melhor². Quase todas as figuras centrais da cibernética tiveram a ascensão de suas carreiras relacionada aos desenvolvimentos militares ocorridos entre a Primeira e a Segunda Guerra Mundial. As técnicas de codificação, criptografia e decifração, a comunicação e a invenção de novas armas, como a bomba atômica e a artilharia antiaérea, e o desenvolvimento dos primeiros computadores, contaram com a participação decisiva de figuras da cibernética como Turing, Shannon, Von Neumann, Wiener, entre outros. Por exemplo, Shannon foi convocado para testar a confiabilidade e a segurança do Sistema X de criptografia, utilizado para a comunicação direta entre Churchill e Roosevelt. Turing foi personagem central da decodificação de *Enigma*, o sistema de criptografia dos nazistas. As obras de Wiener e de Von Neumann podem ser consideradas, como fizeram Heims (1991) e outros, como duas respostas diametralmente opostas à relação entre tecnologia e guerra. Vannevar Bush, outro pesquisador menos célebre do que os mencionados, foi, por sua vez, um dos articuladores centrais das cooperações entre engenheiros, cientistas e pesquisadores civis para invenções tecno-militares como os computadores, os radares e a bomba atômica. Sua

² Essa contextualização foi desenvolvida de modo mais amplo em diálogo com o desenvolvimento do campo da Inteligência Artificial em Vilalta (2025b).

importância para a pesquisa científica e acadêmica da guerra é imensa e, por isso, o presidente Roosevelt encarrega Bush de elaborar um relatório que servisse de base para o desenvolvimento de políticas públicas em ciência e tecnologia, considerando o contexto do pós-guerra e o início da Guerra Fria. Bush entrega, em 1945, um dos documentos centrais do século XX, o relatório *Science – the Endless Frontier*, que propõe a criação de uma agência governamental de apoio ao desenvolvimento tecnocientífico, a *National Science Foundation* (NSF). A título de curiosidade, somente em 2020, segundo divulgação da revista *Science*, os recursos destinados pela NSF à tecnociência foram de 8,3 bilhões de dólares. O modelo de desenvolvimento da pesquisa em ciência proposto por Bush é, em larga medida, o que vige na maioria dos países desenvolvidos e subdesenvolvidos até hoje.

De acordo com a definição de um de seus fundadores, Norbert Wiener, a cibernética é a ciência que estuda o controle e a comunicação em animais, homens e máquinas. Ela se consolida entre as décadas de 1940 e 1950, principalmente nos Estados Unidos, a partir da confluência de uma série de cientistas que trabalhavam para os institutos de pesquisa das empresas de telefonia ou para as forças armadas estadunidenses e que se reuniram, entre 1946 e 1953, nas famosas *Conferências Macy*. São exemplos do chamado “grupo dos cibernéticos” matemáticos e lógicos como Wiener, Von Neumann, Pitts, Turing e Shannon; físicos como V. Bush e Bigelow; fisiologistas como Arturo Rosenblueth, W. B. Cannon, McCulloch e Donald MacKay; e até sociólogos como Warren Weaver e antropólogos como Gregory Bateson e Margaret Mead. Além destes, participaram das discussões cibernéticas e das *Conferências Macy* nomes como Heinz von Foerster e Ross Ashby que, conjuntamente com Francisco Varela, Henri Atlan e Humberto Maturana, foram alguns dos principais nomes da chamada segunda cibernética. Esta ampliou em muito a capacidade de aplicação e a relevância das noções, modelos e esquemas cibernéticos ao expandir, por meio da *complexidade* e *recursividade* das dinâmicas entre ordem e desordem, sinal e ruído, as possibilidades de desenvolvimento e comunicações entre sistemas a partir das noções de auto-organização e autorregulação — indicando possibilidades para experimentos social-biológicos de controle da vida por meio da informação.

A palavra cibernética deriva da palavra grega *kubernetes*, que pode significar “piloto”, ou até mesmo “governo” (Wiener, 1954, p. 15), ou pode ter sua origem em *kubernesis*, que significa “ação de pilotar uma nave”, ou, figurativamente, pode ser empregada com o sentido de “ação de dirigir, governar” (Tiqqun, 2015, p. 31). Assim, o propósito da cibernética é definido por Wiener como o de “desenvolver uma linguagem e técnicas que nos capacitem, de fato, a lidar com o problema do controle e da comunicação em geral, mas também a descobrir o repertório de técnicas e ideias para lhe classificar as manifestações específicas a partir de certos conceitos” (Wiener, 1954, p. 17) — e modelos, como veremos na proposta de Jean-Pierre Dupuy.

Após o fim da Segunda Guerra Mundial, a cibernética tornou-se um dos objetos centrais de interesse científico e técnico — podendo mesmo ser considerado o *hype* daquele momento. O fato de o difícil livro *Cybernetics* (2017 [1948]), de Wiener, ter se transformado em um best-seller é prova disso. Concentrando os interesses e os financiamentos do desenvolvimento técnico e científico, entre as décadas de 1950 e 1960, como mostrou Kline (2015), só se falava de cibernética — e ela despontava, como hoje ocorre em relação à IA, como uma suposta panaceia para todos os problemas da humanidade. Em 1953, segundo Lafontaine, a lista de artigos científicos reunidos em torno das duas obras mais importantes da cibernética — *A Teoria Matemática da Comunicação*, de Shannon, e *Cybernetics*, de Wiener, ambas publicadas em 1948 — somava nada menos que sessenta páginas, com 979 títulos (2004, p. 43). Couffignal também relata que, em 1956, a Associação Internacional de Cibernética contava com mais de mil membros distribuídos por trinta e dois países. Mas, a partir de 1956, com a Conferência de Dartmouth e a urgência dos desenvolvimentos da bomba atômica, inicia-se o ocaso da cibernética, que vai dando lugar ao que viria a ser o primeiro *hype* da inteligência artificial.³ Livros como os de Kline (2015), Pickering (2011) e Rid (2016) apontam possíveis causas para o deslocamento do interesse, das contribuições e da centralidade epistemológica e

³ A IA nasceu, segundo alguns de seus fundadores, como uma vertente da cibernética. Para Marvin Minsky, com os desenvolvimentos do computador eletrônico digital, a cibernética poderia construir coisas mais complexas do que ratos ou tartarugas mecânicas; a cibernética poderia trabalhar em três caminhos centrais: os sistemas auto-organizáveis (*self-organizing systems*), a simulação do pensamento humano e a inteligência artificial. Para Allen Newell, a IA representava uma divisão da cibernética em duas correntes: entre sistemas simbólicos e sistemas contínuos, ou entre a psicologia e a neuropsicologia.

tecnocientífica da cibernética para outros campos, como o das ciências cognitivas e da inteligência artificial, ao final da década de 1950. O esquecimento da cibernética pode ser interpretado e explicado de muitas maneiras: o medo da guerra atômica, o deslocamento dos investimentos e interesses dos autômatos cibernéticos para as novas máquinas de computação — lembremos que as propostas de Von Neumann sobre o autômato celular permaneceram praticamente desconhecidas por muito tempo —, além do deslocamento do *hype* da cibernética para os discursos da “era da informação” nas décadas de 1960 e 1970.

Um resultado disso é que o rico discurso da cibernética e da teoria da informação foi esmagado na narrativa utópica da informação. A analogia básica da cibernética — de que todos os organismos utilizam vias de retroalimentação da informação para se adaptar ao seu meio — é reduzida ao adjetivo *cyber*. O conceito científico de informação é reduzido a dados digitalizados (Kline, 2015, p. 7).

Naquele momento, a tecnociência da guerra girava em torno de possuir informação, poderio de maquinaria cibernética e computação para realizar os cálculos e sustentar a tensão sobre quem utilizaria a bomba atômica primeiro — aspecto para o qual a teoria dos jogos de Von Neumann e Morgenstern foi decisiva.

Na contramão dessa visão, afirma-se que a cibernética não foi derrotada, mas que triunfou justamente quando desapareceu. Isso já havia sido identificado por Rodríguez, Lafontaine, Kline e pelo filósofo Gilbert Simondon. Rodríguez, por exemplo, afirmou que seu desaparecimento como projeto unificado, ao se disseminar nas ciências, tecnologias e discursos que utilizam o prefixo “ciber”, foi precisamente o seu triunfo (Rodríguez, 2015, p. 14). Lafontaine sustentava que o projeto unificado e unificador da cibernética já se apresentava como uma combinação presente em tendências da filosofia, da física e da psicologia comportamental; e que a ausência de uma definição unificada de cibernética e sua vagueza, somadas à sua enorme flexibilidade conceitual, foram paradoxalmente a força para a difusão da cibernética e, com ela, do paradigma informacional para as ciências e tecnologias (Lafontaine, 2004, p. 7). Justamente por não ser apenas uma técnica, no sentido que alguns lhe atribuíram como uma ferramenta a ser utilizada pelas ciências, mas antes uma tecnologia, é que esse “caráter vago”, que poderíamos chamar de aberto e relacional, se transforma em força, e não em fraqueza, da cibernética.

Simondon propôs que compreendamos a tecnologia como um *logos* da técnica, isto é, não apenas uma razão ou um conhecimento sobre a tecnologia, mas uma mentalidade técnica que constitui normatividades que integram natureza e cultura a partir de pontos-chave da relação entre os seres humanos, outros seres vivos e os seres artificiais — por exemplo, as redes sociais e plataformas atuais. Simondon propôs, então, compreender a cibernética como uma tecnologia universal e intercientífica que pretendeu precisamente ser uma normatividade integradora e organizadora dos modos de interoperabilidade, ação e pensamento dos seres humanos em suas relações com os seres técnicos. Rodríguez complementa essa ideia afirmando que há, na cibernética, uma confluência muito singular de “um artigo, um artefato e uma reunião”, que caracteriza a implementação do projeto cibernético: artigos que revolucionaram campos do conhecimento; máquinas e invenções tecnológicas que transformaram a vida das pessoas; e indivíduos influentes no campo científico que se unem ou se reúnem em torno de um projeto comum.⁴

Poderíamos afirmar que o grupo dos cibernéticos, ou as diferentes cibernéticas, compartilhavam um projeto comum, resumido por Louis Couffignal, um de seus principais impulsionadores na França (1966), nas seguintes palavras: “Situada a meio caminho entre a ciência e a técnica, a cibernética deveria antes ser definida, segundo Couffignal, como ‘a arte de garantir a eficácia da ação’” (Lafontaine, 2004, p. 26–27). Apresentaremos neste artigo alguns dos modelos que garantiram eficácia para o desenvolvimento das ciências cognitivas, da computação e da Inteligência Artificial. Aqui, nos enfocaremos no diálogo com as ciências cognitivas, compreendendo-as como as ciências que investigam a emergência da “mente” ou do pensamento em diferentes tipos de seres naturais e artificiais, das neurociências aos distintos campos da Inteligência Artificial e do aprendizado de Máquina.

⁴ Sobre as concepções de Simondon e Rodríguez aqui mencionadas, ver o comentário mais detalhado em Vilalta (2025a).

OS MODELOS CIBERNÉTICOS ESTRUTURANDO MODELOS PARA A COGNIÇÃO

Jean-Pierre Dupuy, em seu livro *Nas origens das ciências cognitivas*, investigou como a cibernética congregou uma série de cientistas e teóricos de distintos campos em torno do objetivo comum de “edificar uma ciência geral do funcionamento da mente” (Dupuy, 1996, p. 9). A leitura de Dupuy parte de uma premissa básica, a saber, que “a ciência como *atividade* consiste essencialmente em construir objetos sob a forma de modelos” (Dupuy, 1996, p. 22) e que são esses modelos que nos permitem acessar e conhecer a mente como objeto por meio dos processos cognitivos. Por conseguinte, a investigação de Dupuy sobre tal ciência geral que seria edificada pela cibernética é mais bem compreendida se a entendermos como uma *atividade de fabricação de modelos* para a compreensão do funcionamento da mente. Nesse sentido, a cibernética teria legado para as ciências contemporâneas alguns de seus modelos de base para conhecer a vida, o comportamento, a cognição e a computação.⁵

Como define o autor, “o modelo é uma forma abstrata que vem encarnar-se ou realizar-se nos fenômenos. Campos muito diferentes da realidade fenomenal, como a hidrodinâmica e a eletricidade, a luz e as vibrações sonoras podem ser representados por modelos idênticos, o que estabelece entre eles uma relação de equivalência” (Dupuy, 1996, p. 23). O cientista ou teórico se vale do modelo, então, para estabelecer relações de equivalência em dois sentidos. Por um lado, “o modelo científico é uma imitação humana da natureza que o cientista logo toma como ‘modelo’” (Dupuy, 1996, p. 23), ou seja, em um primeiro sentido, o modelo é uma imitação da realidade que permite que a expliquemos melhor ou façamos análises e previsões quando a própria realidade copiada já não se encontra mais presente. Por outro lado, a modelização seleciona na realidade o sistema de relações que pode ser conhecido a partir da equivalência com formas, dados e esquemas que já possuímos: “O modelo abstrai da realidade fenomenal o sistema das relações funcionais consideradas por ele as únicas pertinentes, pondo, por assim dizer, entre

⁵ Não é o intuito deste artigo a realização da leitura detalhada de cada um dos modelos que são base das ciências cognitivas para Dupuy, dado que para isso seriam necessários artigos específicos. Deste modo, deixamos indicado para cada modelo, em nota de rodapé, referências complementares de análise detalhada. De modo mais geral, indicamos nossa tese como leitura complementar em que desenvolvemos de modo mais detalhado e abrangente a análise dos artigos aqui mencionados. Ver: VILALTA, 2025a.

parênteses tudo o que não depende desse sistema e, em particular, como vimos, o número, a identidade e a natureza dos elementos que estão em relação” (Dupuy, 1996, p. 24). Seja como imitação dos fenômenos ou como criação de uma imagem dos fenômenos, a modelização estabelece vínculos entre as relações existentes na realidade e no pensamento: “Em sua atividade modelizadora, o cientista projeta sua mente no mundo das coisas. Os enormes sucessos da modelização científica são como um testemunho de que a mente é ao mesmo tempo distinta da matéria e adequada a ela” (Dupuy, 1996, p. 25).⁶ Então, Dupuy caracterizará alguns modelos fundamentais que estão na base das ciências cognitivas.

Primeiramente, o modelo de Turing de formalização matemática da noção abstrata de máquina (Dupuy, 1996, p. 31)⁷. O modelo de Turing é importante para a leitura que propõe Dupuy porque ele é por excelência um modelo abstrato de base — que Dupuy chama de “prolegômenos de uma nova ciência da mente” (Dupuy, 1996, p. 28) — de como procedimentos funcionais podem ser passíveis de cálculo. Turing demonstra que “toda função calculável mecanicamente é calculável por uma máquina de Turing [de acordo com o nome que a tradição deu a esse modelo formal de máquina]” (Dupuy, 1996, p. 31). Toda função que possa ser formalizada matematicamente poderia, portanto, ser computável. O passo complementar fundamental que a cibernética deu com relação à máquina de Turing para transformá-la em um modelo é tomá-la não como uma calculadora apenas de números, mas também de outras formas de símbolos: “Graças ao trabalho de Gödel, ela é,

⁶ Em sentido mais amplo, Dupuy defende que a atividade de modelização está intimamente vinculada ao modo como a ciência conhece o sistema cognitivo, destacando ainda como os processos de modelização abstrata podem ser conciliados com uma compreensão materialista ou fisicalista da mente: “O que faz que esse sistema conheça por modelos e representações deve ele próprio ser modelizado, abstraindo-se do substrato material, diferente a cada vez, o sistema de relações funcionais responsável pela faculdade de conhecer. O funcionalismo da ciência da cognição situa-se, pois, em (pelo menos) dois níveis logicamente encaixados um no outro: o da representação elementar e o da representação da faculdade de representação. É neste segundo nível que uma ciência da cognição pode ao mesmo tempo declarar-se materialista ou fisicalista e reivindicar sua autonomia em relação às ciências da natureza (e da vida). A mente, entendida como o modelo da faculdade de modelizar, reencontrou seu lugar no universo material. Ou, para dizê-lo em outros termos, hoje mais familiares, há informação (e até sentido) no mundo físico. As faculdades da mente são sempre apenas propriedades de sistemas de processamento de informação” (Dupuy, 1996, p. 27). Como veremos adiante, Dupuy deveria ter levado mais longe essa sua reflexão sobre as relações entre as faculdades da mente de modelização e os sistemas de processamento de informação que são postulados pelos cibernéticos como presentes no cérebro e também no mundo físico.

⁷ Para análise detalhada do modelo de Turing, indicamos HODGES, 2001; PENROSE, 1991; PRADO, 2021; VILALTA, 2025a.

com isso mesmo, muito mais do que uma mera calculadora. Já que a lógica é aritmetizável, a máquina de Turing é também uma calculadora simbólica. Ela constitui o modelo de pensamento simbólico” (Dupuy, 1996, p. 33). Assim, o modelo da máquina de Turing terminará sendo generalizado como um modelo de máquina que está habilitado a realizar a leitura, por meio de procedimentos computacionais, de todo o tipo de símbolos a partir de instruções (algoritmos), podendo gerar ou processar sempre novos padrões de cálculo ou computabilidade; estes padrões constituirão um programa ou um conjunto de códigos que irão instruir a maneira como outras máquinas de computação de símbolos poderão ser programadas.⁸

Resumidamente, o que o modelo de Turing propõe é que qualquer tipo de operação ou procedimento funcional que possa ser *codificado* em linguagem simbólica adequada — para os cibernéticos, esta será a linguagem dos *bits* proposta por Claude Shannon — pode ser computado por uma máquina adequadamente programada. A questão que posteriormente será lançada — e que permanece latente em trabalhos como os de Ray Kurzweil e nas intersecções entre ciências cognitivas e inteligência artificial — é a de se o cérebro pode ser tomado como um sistema equivalente a uma máquina de Turing.⁹

O segundo modelo, que poderíamos denominar modelo do *feedback*, é proposto por Arturo Rosenblueth, Norbert Wiener e Julian Bigelow no artigo *Behavior, Purpose and Teleology* de 1943 (Rosenblueth; Wiener; Bigelow, 1981).¹⁰ Para Dupuy, este modelo é importante porque ele lança as bases para o estabelecimento de correlações entre as dinâmicas de comportamento (relações entre estímulo e resposta, *input* e *output*) em

⁸ Gleick oferece uma descrição simples do procedimento geral imaginado por Turing “[ele imaginou] uma versão da máquina capaz de simular todas as demais máquinas possíveis — cada computador digital. Ele chamou essa máquina de U, significando ‘universal’, e os matemáticos usam carinhosamente o nome U até hoje. Ela recebe como entrada os números de máquinas. Ou seja, ela lê a descrição de outras máquinas a partir de sua fita — seus algoritmos e sua própria entrada. Por mais que um computador digital possa se tornar complexo, sua descrição ainda pode ser codificada numa fita passível de ser lida por U. Se um problema puder ser solucionado por qualquer computador digital — codificado em símbolos e solucionado aritmeticamente —, a máquina universal também poderá resolvê-lo” (2013, p. 219). A descrição de Gleick é uma simplificação do que Turing apresenta nos capítulos 6 e 7 do artigo *On Computable Numbers with an Application to the Entscheidungsproblem* de 1936 (Turing; Copeland, 2004, p. 68-72).

⁹ A esse respeito ver: VILALTA, 2019.

¹⁰ Sobre este artigo, recomendamos vivamente a leitura que Simondon realiza em “Cibernética e Filosofia” no livro *Sobre la filosofía* (2018).

distintos sistemas de indivíduos (físico, vivente, psicossocial e maquínico), e as regulações das relações entre ações e funções e as metas ou finalidades (Dupuy, 1996, p. 49). Isto é,

[...] ao lado do que iria chamar-se teoria da informação, os problemas da defesa antiaérea [trabalhados por Wiener] faziam intervir o outro ingrediente básico da futura cibernética: o conceito de elo de retroalimentação (*feedback*), inerente a toda regulação de um sistema com base no afastamento observado entre a sua ação efetiva (*output*) e o resultado projeto (meta, *goal*) (Dupuy, 1996, p. 46).

O artigo de Rosenblueth, Wiener e Bigelow é um dos fundadores da cibernética, isso porque ele estabelece um dos eixos centrais de suas inovações: concentrar-se nas operações e nas analogias e equivalências funcionais entre distintos tipos de seres e não em suas matérias ou formas individuais.¹¹ Um filósofo como Gilbert Simondon perceberá com grande interesse esse movimento teórico da cibernética, isso porque, segundo ele, em distintas tradições filosóficas e ciências particulares é postulada uma separação entre forma e matéria para que, como consequência, toda inteligibilidade seja condicionada ao reencontro de ambas em uma estrutura cujo nome é “indivíduo”. Deste modo, a tradição filosófica e as ciências particulares, segundo Simondon, estiveram interessadas mais nas formas, estruturas e objetos individuais do que em operações ou funções relacionais, transindividuais e equivalentes entre seres. Para Simondon, a grande novidade da cibernética foi esse foco colocado sobre as operações; um bom exemplo é o que Dupuy chama de “dispositivo *formal de feedback*”.

O que esse texto fundador, segundo eles, ordena que se deixe de lado é o “conteúdo”, ou seja, a natureza física dos constituintes e de suas relações, e isso a fim de abstrair a forma destas últimas. Por exemplo, empenham-se em descobrir um mesmo dispositivo formal de *feedback* num animal e numa máquina, ainda que o primeiro seja materializado por proteínas e o segundo, por tubos eletrônicos. Daí as conclusões do artigo, de “que uma análise comportamental uniforme é aplicável ao mesmo tempo às máquinas e aos organismos vivos” (Dupuy, 1996, p. 49).

Essa possibilidade de descobrir semelhanças entre operações e não entre indivíduos é o que Simondon reconhecerá como um conhecimento estabelecido por

¹¹ Sobre as analogias e equivalências funcionais, assim como os vínculos operatórios propostos pelos modelos cibernéticos, ver: VILALTA, 2025a (há aqui também um comentário detalhado sobre o artigo de Rosenblueth, Wiener e Bigelow).

equivalências analógicas, ou, nas palavras dos cibernéticos participantes das Conferências Macy, “equivalências funcionais” (Heims, 1991, p. 249).

Para definir o interesse e a natureza da cibernética, esta tecnologia intercientífica, é preciso compreender que ela não procura identificar um processo complicado com um mais simples – como muito grosseiramente se acredita – (por exemplo, o pensamento humano com o funcionamento de um sistema mecânico), mas sim procura estabelecer equivalências entre diferentes situações nas quais, diante de tal ou qual objeto, um cientista pode se encontrar. O psiquiatra, o médico, o eletrônico, o sociólogo, o biólogo, pode se encontrar em situações equivalentes na presença de objetos muito diferentes, cada um em seu domínio. Uma situação pode ser chamada de equivalente a outra quando o mesmo gesto técnico modifica da mesma maneira tais situações. *A equivalência não é uma identidade na natureza dos objetos, mas na atividade operatória que deve ser exercida sobre eles para modificá-los da mesma maneira.* É uma analogia, se entendemos por analogia não uma relação de identidade (semelhança ou similitude), mas uma identidade de relações, e especificando que se trata de vínculos operatórios (Simondon, 2018, p. 43-4 – grifos nossos).¹²

No entanto, Simondon afirma que esta *tecnologia intercientífica* que a cibernética constituiu seria muito bem-vinda se, em seu uso técnico-tecnológico aplicado, não a tivesse transformado em um sistema universal de estruturas gerais. A cibernética descobriu um conjunto de estruturas gerais que poderiam servir de modelo para o tratamento técnico e científico de distintos fenômenos, mas o contexto científico-econômico — o grupo dos cibernéticos, em sua maioria, trabalhou em empresas de telefonia e telecomunicações e para as forças armadas (Heims, 1991, p. 1-2 e 8-13) — fez com que tais operações fossem padronizadas em estruturas tecnológicas que poderiam ser controladas por distintas máquinas e técnicas. Um bom exemplo disso é o trabalho para a eliminação ou diminuição dos ruídos nas transmissões de sinais elétricos por meio da estruturação de parâmetros de redundância. O cerne da crítica de Simondon à cibernética estará em que ela “descobriu a questão das operações, ao invés das estruturas, para logo se inclinar sobre estas últimas, impedindo uma preciosa possibilidade de vincular a informação com o devir” (Blanco;

¹² Outro aspecto que, segundo Simondon, caracteriza a *atitude cibernética como uma tecnologia intercientífica* é não ter um objeto de conhecimento específico, ou seja, não estar voltada ao conhecimento de objetos individuais, mas a *sistemas holistas* de relações entre indivíduos: “Tal é, então, a origem da cibernética de acordo com Norbert Wiener: a vontade de explorar “os espaços em branco do mapa da ciência”. Como podemos observar, esta obra só pode ser coletiva. [...] A no man’s land entre as ciências particulares não é uma ciência particular, mas um saber tecnológico universal, uma tecnologia intercientífica que aponta não para um objeto teórico selecionado no mundo, mas sim a uma situação” (Simondon, 2018, p. 42-43).

Rodríguez, 2015, p. 100). Isto é, os modelos estruturais passam a fixar os modos de conhecimento das operações, processos e fenômenos.

Tal enfoque cibernético nas estruturas é totalmente condizente com o propósito que Wiener designava para a cibernética: “Desenvolver uma linguagem e técnicas que nos permitam lidar, de fato, com o problema do controle e da comunicação em geral, mas também descobrir o repertório de técnicas e ideias para classificar suas manifestações específicas sob a rubrica de certos conceitos” (Wiener, 1954, p. 17). Enfim, o modelo do *feedback* cibernético é importante para Dupuy, pois ele configura como plano geral para a cibernética — afetando as bases das ciências cognitivas — a criação de estruturas gerais que permitam o estabelecimento de equivalências para a comunicação entre operações de distintos sistemas de seres. Dupuy acentua em distintas partes de seu livro como a modelização cibernética que tomava todos os tipos de seres como sistemas maquínicos necessitaria das ideias da auto-organização e da complexidade — características da segunda cibernética — para poder manter sua efetividade.

Como bem notou Gilbert Simondon, os limites da cibernética estiveram sobretudo ligados ao fato de que ela permaneceu até o fim cativa de seu postulado inicial: “a identidade dos seres vivos e dos objetos técnicos auto-regulados”. Não que os cibernéticos tivessem sido principalmente técnicos e engenheiros, ao contrário do que às vezes se afirma. Se se interessavam tanto pelas máquinas, não era como aplicações úteis de um saber científico já constituído, mas sim porque elas representavam para eles a encarnação na matéria de hipóteses ou de teorias de tipo lógico-matemático (Dupuy, 1996, p. 184).

Deste modo, como analisou Heims, o dispositivo formal de *feedback* funcionou como uma meta a ser alcançada na estruturação de todas as operações e funções: que seja possível estabelecer o controle, a previsibilidade e a comunicação geral e controlada das ações e relações por meio de isomorfismos e uniformizações entre estruturas (1991, p. 271-2). Finalmente, como sintetiza Dupuy, “o fato de abstrair a forma dos fenômenos e, com isso mesmo, de se tornar capaz de balizar isomorfismos entre domínios diferentes é o procedimento modelizador por excelência, é o próprio procedimento científico” (Dupuy, 1996, p. 49). Por isso, a cibernética não será uma ciência a mais, mas uma espécie de metaciência ou uma tecnologia *intracientífica*, isto é, um conjunto de conceitos, modelos e

ideias que norteia a própria atividade científica e tecnologia em geral (Vilalta, 2025a, p. 175-179).

Em terceiro lugar, encontramos o modelo de McCulloch e Pitts para as redes neurais apresentado no célebre artigo de 1943 *A Logical Calculus of The Ideas Immanent in Nervous Activity*¹³(McCulloch, 2016). Segundo Dupuy, a ambição filosófica de McCulloch e Pitts era extremamente considerável “já que não se trata de nada menos do que dar uma base puramente neuroanatômica e neurofisiológica ao juízo sintético *a priori* [de Kant] e, assim, fundar uma neurologia da mente” (Dupuy, 1996, p. 53). Eles partem das descrições fisiológicas e anatômicas propostas por Ramón y Cajal do funcionamento elétrico dos neurônios e de suas sinapses e propõem que esse funcionamento que opera por “tudo ou nada” (corrente passa ou não passa) poderia ser assimilado à lógica binária — por meio de uma correspondência entre seus estados elétricos e os dígitos binários, ou seja, ativado ou desativado, sim ou não: “Por causa do caráter ‘tudo ou nada’ da atividade nervosa, os eventos neurais e as relações entre eles podem ser tratados por meio da lógica proposicional” (McCulloch, 2016, p. 19). A proposta fundamental que o modelo de redes neurais de McCulloch e Pitts carrega é a de que os fenômenos ocorridos dentro do cérebro podem ser estruturados por meio da transposição de suas operações materiais (e, em parte, portanto, elétricas) em funções lógicas. E, assim, segundo Dupuy, eles introduzem “o ‘estudo comportamental dos fenômenos naturais’, caro a Wiener, Rosenblueth e Bigelow, no interior do cérebro”, isto por meio da estruturação lógica de “operadores que transformam *inputs* em *outputs*: os neurônios” (Dupuy, 1996, p. 53). Esta proposta chegaria a seu ápice, consolidando os modelos cibernéticos para a cognição, por meio da assimilação do cérebro — e suas redes neurais — como uma máquina probabilística que

¹³ Para uma análise mais detalhada deste artigo, além do trabalho de Dupuy, indicamos: a) o capítulo 9 do livro *A mente nova do Rei* de Penrose (1991) sobre a diferença entre cérebros reais e modelos de cérebro, em que ele apresenta minuciosamente essas diferenças, explicando seus aspectos anatomofisiológicos, neuroquímicos, lógicos e matemáticos (1991, p. 415-48; b) o capítulo sobre conceito de organização do livro de Rodríguez (2019), em que ele apresenta os processos epistêmicos envolvidos na concepção de um “neurônio computacional”; e c) a explicação de Henri Atlan do modelo de McCulloch e Pitts com detalhamento de seu funcionamento lógico e suas limitações do ponto de vista biológico-organizacional (2009, p. 181-186).

pode ser passível de um cálculo de possibilidades, tal como propunha Wiener.¹⁴ Como bem sintetizou Pablo Rodríguez:

Os neurônios não se contentam com deixar ou não passar as correntes elétricas, mas o fazem por meio de cálculos de possibilidades. Como a maior parte dos neurônios, todos calculadores, encontram-se no cérebro, este pode ser equiparado a uma “máquina de Turing”, a qual, como foi explicado, consiste em um mecanismo abstrato no qual o ingresso (*input*) de um dado é computado em relação com o estado interno do mecanismo para realizar um egresso (*output*) (2019, p. 168).

Para que esta junção entre os três modelos anteriores fosse possível, seria necessário o que ficou conhecido como “arquitetura de Von Neumann” para as máquinas e esta é a base do quarto modelo de Dupuy. Mas antes recapitulemos os passos anteriores:

Anunciamos três momentos. O primeiro assimila a mente a uma máquina lógica; o segundo faz o mesmo com o cérebro, e já que se trata da mesma máquina, o cérebro e a mente são uma mesma coisa. Resta o terceiro momento. É somente neste último tempo, e não no primeiro, como o pretende a lenda, que a máquina artificial, material, a saber, o computador, entra em cena (Dupuy, 1996, 76-77).

No primeiro momento, o modelo da máquina de Turing estabelecia que o pensamento simbólico e os procedimentos funcionais — característicos da atividade mental — podiam ser estruturados em linguagem lógica e operados por uma máquina. No segundo, o modelo do *feedback* e o modelo das redes neurais de McCulloch e Pitts haviam estabelecido homologias possíveis entre cérebro e máquina, entendendo as redes neurais como estruturas lógicas que operam do mesmo modo que uma máquina.

Como um modo de explicar eventos psicológicos, a abordagem de Pitts-McCulloch representa um tipo de reducionismo orgânico, com neurônios individuais ou disparos sinápticos como unidades elementares, os “átomos”. Como o modelo poderia, em princípio, descrever adequadamente um computador eletrônico,

¹⁴ “Assim, o nervo pode ser tomado com um relé, com essencialmente dois estados de atividade: disparo e repouso. Deixando de lado aqueles neurônios que aceitam as suas mensagens de extremidades livres ou de pontas de órgãos sensoriais, cada neurônio possui a sua mensagem alimentada por outros neurônios em pontos de contato conhecidos como *sinapses*. Para um dado neurônio que sai, estas variam em número de alguns poucos, a muitas centenas. É o estado dos impulsos entrantes nas várias sinapses, combinado com o estado antecedente do próprio neurônio de saída, que, determina se ele irá disparar ou não. Caso não seja nem disparador nem refratário, e o número de sinapses entrantes que ‘disparam’ dentro de certo intervalo de fusão muito pequeno exceder certo limiar, então o neurônio há de disparar após um conhecido atraso sináptico razoavelmente constante” (Wiener, 2017, p. 150).

também poderia ser considerado uma forma de reducionismo mecânico (ou, mais precisamente, eletrônico) (Heims, 1991, p. 42).

No entanto, o passo decisivo é dado por McCulloch ao afirmar que os organismos não são *análogos* às máquinas; eles são máquinas (Dupuy, 1996, p.53). Como explica Dupuy:

Em princípio, a existência de uma máquina lógica equivalente à de Turing (tendo em vista que tudo que uma pode fazer, a outra pode fazer, e reciprocamente), pode ser considerada em sua estrutura e em seu comportamento uma idealização da anatomia e da fisiologia do cérebro. Este resultado, na mente de McCulloch pelo menos, constitui um avanço decisivo, já que não é mais só o cérebro em sua função (a mente), mas também o cérebro em sua estrutura, o cérebro material, natural, biológico, que é assimilável a um mecanismo e, mais precisamente, a uma máquina de Turing. É assim que o cibernético julga resolver o velho problema da alma e do corpo, ou em seus próprios termos do “*embodiment of mind*”. O cérebro e a mente são um e outro uma máquina, e a mesma máquina. O cérebro e a mente, portanto, são um só (Dupuy, 1996, p. 59).

O que McCulloch propõe não é apenas que logicamente e epistemologicamente o cérebro e a mente podem ser estruturados e operados como máquinas, mas que *ontologicamente* eles são máquinas. Tendo isto em vista, o procedimento que Von Neumann irá adotar será o de derivar do modelo de redes neurais de McCulloch e Pitts um modelo de computador; esse procedimento de Von Neumann, segundo Dupuy, assegura-lhe o lugar de “médico obstetra ou a parteira” (Dupuy, 1996, p. 77) do computador. Retomando o que Von Neumann propõe,¹⁵ temos então um modelo de complementaridade entre a máquina de Turing e o modelo de máquina material proposto por McCulloch e Pitts, e ele estabelece essa complementaridade realizando uma especialização da máquina de Turing em diferentes partes, sendo que as principais seriam uma unidade de processamento e uma unidade de memória. Em resumo, o que Von Neumann buscava era uma estrutura para a máquina que a tornasse apta a *operar a si mesma* — a conhecida ideia do “programa armazenado” que “internalizava” as operações e instruções de funcionamento na memória do computador, não sendo mais necessário,

¹⁵ Para um comentário detalhado da arquitetura de Von Neumann, ver: ASPRAY, 1990; CAMPBELL-KELLY et al. 2014; BRETON, 1991; VILALTA, 2025a; EIGENMAN; LILJA, 1998; ARIKPO; OGBAN; ETENG; 2008; e detalhes históricos em ISAACSON, 2014.

portanto, reprogramá-lo a cada nova tarefa (Gardner, 2003, p. 160) — e para criar essa estrutura ele tomou como modelo o próprio cérebro humano.

Von Neumann pensou, então, que era possível gerar um conjunto de instruções (os algoritmos da máquina de Turing) que estivessem armazenados na máquina e que ela ativara o que necessitava, com uma ordem dada de fora, sem a necessidade de fisicamente tocá-la. Assim, também os dados e resultados desses dados combinados no cálculo poderiam ser armazenados em um mesmo lugar que ele chamou de unidade de memória (Rodríguez, 2012, p. 28).

Curiosamente, a própria ideia de Turing das relações entre as máquinas de computação e uma máquina Universal, portanto, entre uma máquina de processamento e uma máquina de memória das operações e processamentos, havia sido influenciada por uma palestra de Von Neumann, ocorrida em 1935, em que este apresentou o conceito de programa armazenado (Kurzweil, 2014, p. 228). O modelo de Von Neumann segue sendo a base dos computadores. Ele, em linhas gerais, possui a seguinte arquitetura: uma unidade central de processamento dos cálculos, na qual são realizadas as operações aritméticas e lógicas (processador), uma unidade de memória que armazena os dados e códigos em programas, uma unidade de acoplamento entre processamento e armazenamento, cálculo e memória (placa mãe) e, por fim, unidades de *input* (teclados, *mouse* e microfones) e de *output* (monitor e caixa de som), todas elas conectadas por transmissão de sinais elétricos como ocorre nos neurônios e por troca de informações controlada por meio dos dados codificados (Rodríguez, 2019, p. 170). Ele é o quarto modelo para Dupuy que importa na relação entre cibernética e ciências cognitivas, pois carrega uma ideia fundamental.

Podemos pôr num mesmo plano as regras de funcionamento, as instruções —dir-se-á mais, o “programa” — e aquilo sobre o que elas incidem: os dados. É essa confusão controlada que a lógica elementar exige que se distinga: o operador e o operando, que faz da máquina material uma máquina universal para Turing. Já esta realizava o mesmo achatamento, pois em sua fita (sua “memória”) se justapõem o código da máquina particular que se deve simular, ou seja, as instruções, e o código dos dados. Não são necessárias memórias separadas para esses dois conjuntos de informação (Dupuy, 1996, p. 77-8).¹⁶

¹⁶ Para aprofundamento nas discussões sobre dados, computação, algoritmos e programas, em relação ao que estamos discutindo aqui, ver BLANCO, 2024a e 2024b.

O movimento de Von Neumann era duplo — e é nisso que consiste o aspecto fundamental de seu modelo. Por um lado, colocar em planos operatórios diferentes a unidade de memória e a unidade de processamento — separação que será fundamental para que possam depois ser propostos os “aprendizados de máquina” dos sistemas de IA. Por outro lado, colocar em um mesmo plano — ou poderíamos dizer no interior de uma mesma estrutura geral, a máquina — regras lógicas gerais para o funcionamento e a comunicação e tratamento dos dados. Entretanto, essa possibilidade de que a unidade de processamento e de memória da máquina possam existir separadamente e operar de maneira intrincada não deve sua existência apenas à analogia ou homologia (dependendo do cibernético em questão) entre máquina material e máquina artificial, entre cérebro e computador, como quer Dupuy ao pensar o início das ciências cognitivas marcadas pelo cognitivismo ortodoxo e pelo computacionalismo;¹⁷ mas também se deve a uma codificação e programação comum que permitia que todas as partes da máquina operassem a partir de uma linguagem padrão: os dígitos binários, ou mais conhecidos como *bits*. Mas, antes de complementarmos a leitura de Dupuy com o elemento que permitia a comunicação e adequação entre os modelos anteriormente apresentados, a *Teoria Matemática da Informação* (TMI) de Claude Shannon, façamos uma retomada sintetizando os quatro modelos.

Começamos com a premissa básica de Dupuy de que “conhecer é produzir um modelo do fenômeno e efetuar sobre ele manipulações ordenadas. Todo conhecimento é reprodução, representação, repetição, simulação” (Dupuy, 1996, p. 27). É interessante observar aqui que Dupuy enumera modos de modelizar os fenômenos do ponto de vista do conhecimento, e que, mais que modelizar uma “representação” do objeto, conhecer é estruturar operações sobre ele, ou seja, manipulá-lo de acordo com determinada lógica.

¹⁷ Dupuy destaca certos confrontos já nas décadas de 40 e 50, e que seguem até a publicação do livro (1996), entre o que ele caracteriza como cognitivismo ortodoxo e conexãoismo: “Confronto entre os dois modelos, promovidos à condição de paradigmas: um cognitivismo ortodoxo, para o qual pensar é calcular como um computador, ou seja, sobre símbolos que têm ao mesmo tempo uma realidade material e um valor semântico de representação; o paradigma das redes neuronais, para o qual pensar é calcular como o fazem essas redes, de maneira maciçamente paralela, só aparecendo os comportamentos interessantes no nível coletivo, ‘emergindo’ do sistema das interações entre computadores elementares simples” (Dupuy, 1996, p. 74-75). Francisco Varela associará essa posição do cognitivismo ortodoxo ao que ele denomina *computacionalismo* — corrente caracterizada pela defesa de que “a cognição pode ser *definida* pela *computação* de representações simbólicas” (Varela, s.d., p. 29).

Assim, a máquina de Turing é fundamentalmente um modelo geral para a cognição, segundo Dupuy, pois ela propõe que a manipulação ordenada (os cálculos mecânicos) de todo tipo de símbolos e funções é possível desde que a máquina tenha nela representados (inscrita em sua fita ou em seu programa) os padrões ou estruturas (procedimentos funcionais) que garantem a calculabilidade. Para tanto, uma estrutura recursiva é proposta por Turing para que cada máquina simples possa também ser computada por uma máquina mais geral — que ele denominou de Máquina *U* — tendo seus procedimentos funcionais de cálculo acoplados ao seu programa armazenado, possibilidade explorada por Von Neumann, como vimos. Em síntese, poderíamos dizer que Turing oferece para as ciências cognitivas um modelo no qual as reproduções, representações, repetições e simulações do pensamento podem ser adequadamente simbolizadas em linguagem lógica.

O que os cibernéticos Rosenblueth, Wiener e Bigelow fizeram com o que denominamos modelo de *feedback* é uma *ampliação epistemológica*: a recursividade mecânica das máquinas simbólicas não é uma característica restrita às máquinas artificiais, mas também é válida para as máquinas naturais e os organismos vivos — essa tese dos cibernéticos foi muitas vezes denunciada como um reducionismo mecanicista; ou, como argumentou Simondon, a confusão cibernética entre equivalências funcionais e técnicas de automatismo (2018, p. 45-47). A proposta base do modelo do *feedback* é que toda atividade está inserida em um circuito de retroação ou retroalimentação que faz com que todos os fluxos de entrada e saída de informações ou interações estejam codificados segundo estruturas, respondendo a critérios de funcionalidade e a determinadas finalidades. O modelo de McCulloch e Pitts é importante aqui, pois ele aplica a possibilidade desse funcionamento maquínico e recursivo às redes neurais. Estas não apenas funcionam de acordo com uma lógica binária que pode ser tomada como equivalente a uma máquina simbólica, mas também possuem a capacidade de aprender de acordo com um cálculo de possibilidades, ou seja, podem ser inseridas em um parâmetro de estruturação probabilístico — bastante ao gosto cibernético. Por fim, a máquina de Von Neumann e seu modelo para os computadores é fundamental dado que ele forneceu as condições da existência de uma máquina concreta que pudesse operar conjugando os três modelos anteriores: uma máquina recursiva e probabilística que converte sinais elétricos em

símbolos estruturados logicamente. A arquitetura de Von Neumann é, desse modo, um modelo de como realizar em objetos técnicos os modelos cibernéticos que vimos. Assim, o computador de Von Neumann é um modelo tecnocientífico para a concretização de máquinas computacionais-cognitivas (Vilalta, 2025a, p. 317-329).

Entretanto, como propôs Pablo Rodríguez (2019, p. 169-170), o que importa não é que tenhamos um modelo de cérebro que aproxime as redes neurais do funcionamento de uma máquina digital, ou que tenhamos um modelo de cérebro digital dado pelas ciências cognitivas ou pela inteligência artificial; o que importa é que esses modelos possam ser *encarnados (embodiment)* — e essa possibilidade de comunicação entre interiores e exteriores de cérebros e máquinas é garantida pela operação de uma linguagem comum (a teoria da informação) e por uma unidade mínima de relação entre todas as tecnologias digitais (a informação digital, o *bit*) (Vilalta, 2025a).

O MODELO DA INFORMAÇÃO DIGITAL E O PROBLEMA DA COMUNICAÇÃO ENTRE CÉREBROS E MÁQUINAS

É curioso e sintomático percebermos que a teoria matemática da informação de Shannon não conste nos modelos explanados por Dupuy — e não por desconhecimento de sua importância. Dupuy reconhece que se McCulloch e Pitts forneceram um modelo lógico para o sistema nervoso. Anteriormente, Shannon foi o responsável por fornecer tal modelo aos circuitos elétricos (Dupuy, 1996, p. 28). Em sua dissertação de mestrado *A Symbolic Analysis of Relay and Switching Circuits*, de 1937, ele mostrou que “circuitos de retransmissão e de comutação como os que são encontrados em uma máquina eletrônica podiam ser expressos em termos de equações do tipo booleano: pois o sistema verdadeiro/falso poderia corresponder a ‘interruptores ligado/desligado’ ou estados fechados e abertos de um circuito” (Gardner, 2003, p. 159). Dupuy inclusive afirma que é pouco reconhecida a importância que tal proposição de um modelo lógico para as redes elétricas teve para o modelo das redes neurais de McCulloch e Pitts e que esse modelo de Shannon não é abordado nas Conferências Macy, pois já se trataria de outro Shannon — “o que, nesse meio tempo, desenvolveu a teoria da informação” (Dupuy, 1996, p. 58). É ainda mais curioso notarmos a ausência de análise específica sobre a teoria da informação de

Shannon se percebemos que esta é um marco no livro de Dupuy para a discussão que ele faz entre primeira e segunda cibernética, ou seja, entre teóricos que opunham ordem e ruído e outros, como Heinz von Foerster que elaboram a “ordem pelo ruído” (Dupuy, 1996, p. 159); e também para a discussão sobre aqueles que separavam informação e sentido (ou significação), como fazia Shannon, e outros que tentavam “construir uma teoria complementar, cujo objeto fosse a informação semântica” (Dupuy, 1996, p. 162) — como Donald MacKay (1969).

Podemos encontrar algumas razões para essa omissão de Dupuy — dado que certamente não se trata de um desconhecimento. Primeiramente, poderíamos conceber que tal ausência se deveria ao fato de que os modelos que Dupuy propõe — e que estão na base das ciências cognitivas — foram formulados entre os anos de 1935 e 1943, e seriam anteriores às Conferências Macy (1946-1953), o momento culminante de sedimentação do debate sobre esses modelos. A teoria de Shannon é formulada em 1948 e ganha notoriedade a partir de 1949, quando foi publicada em livro com aspectos complementares oferecidos por Warren Weaver (Shannon; Weaver, 1998). Contudo, tal justificativa apenas faria sentido caso desconsiderássemos que não foram apenas os modelos que discutimos aqui que estiveram na base das ciências cognitivas, mas principalmente a relação continuada entre a cibernética e as recentes ciências cognitivas. Isto é, a cibernética não esteve apenas nas “origens das ciências cognitivas”, mas também acompanhou grande parte de seu desenvolvimento.

Outra razão poderia ser a crítica que Dupuy faz à máquina de informação tal como Wiener a apresentara. Essa crítica já aparecia no livro quando ele apresentava o modelo de *feedback* de Wiener, Rosenblueth e Bigelow. Para Dupuy, a máquina de Wiener se assemelha ao que ele chama de “máquina trivial behaviorista” que reage a sinais, mas que não processa informação (Dupuy, 1996, p. 48). A informação, tal como apresenta Shannon em sua *TMI* e também na Sétima das Conferências Macy, na Conferência “*The Redundancy of English*” (Pias, 2016, p. 248), é um tipo de informação que podemos chamar de probabilística, e está muito mais próxima do conceito de “sinal” — de acordo com sua aplicação na transmissão de mensagens na engenharia de telecomunicações — do que a informação significativa que interessa a Dupuy quando pensa as “máquinas não triviais” de

Von Foerster que são capazes de organização interna — fundamentais no que concerne aos sistemas lógicos de cognição encarnada (Dupuy, 1996, p. 47-48).¹⁸

Entretanto, a razão que nos parece mais aceitável para Dupuy não considerar adequadamente a teoria da informação de Shannon em sua história do surgimento das bases das ciências cognitivas consiste na compreensão do autor de que “manutenção, evidentemente, não quer dizer criação, e uma das pedras de tropeço desse modelo informático é a questão de saber como o sentido vem aos símbolos”. Algo que já fazia parte da crítica de Raymond Ruyer ao problema da origem da informação (1972). Estranhamente, Dupuy acaba operando de maneira reducionista com relação à teoria da informação justamente para proteger as ciências cognitivas do reducionismo que, segundo ele, confunde pensamento e cálculo. Ele associa esse reducionismo ao que denomina “cognitivismo” e que seria uma consequência do “funcionalismo turinguiano” (Dupuy, 1996, p. 36-37).¹⁹ Dupuy anuncia então o que está para ele na base das analogias entre cérebro e máquina:

Como os próprios McCulloch e Pitts reconheciam, para que suas redes tivessem as mesmas capacidades computacionais que as máquinas de Turing, seria preciso acrescentar-lhes estes dois elementos essenciais de toda máquina de Turing que são uma cabeça móvel capaz de ler, escrever e apagar símbolos e, sobretudo, uma fita (uma memória) potencialmente infinita. Como o cérebro é um órgão material, logo finito, ele certamente não pode computar tudo o que as máquinas de Turing podem. Os cibernéticos foram os primeiros a se esquecer dessa restrição capital (Dupuy, 1996, p. 65).

¹⁸ É nesse sentido que se enquadra também a crítica de Dupuy ao fisicalismo da informação de Wiener, cf. Dupuy, 1996, p. 150-164.

¹⁹ O próprio Turing enfrentou esse reducionismo em sua tese de 1939. Como comentaram Nicoletis e Cicurel, há uma dinâmica de criação do pensamento que consiste na introdução de um elemento exterior ao cálculo ou ao programa: “Já ciente das limitações da sua máquina de Turing, na sua tese de doutorado, publicada em 1939, Alan Turing tentou superá-las ao conceber um novo conceito que ele chamou de máquina do Oráculo. O objetivo central dessa máquina do Oráculo foi a introdução de uma ferramenta do mundo real para reagir a tudo aquilo que ‘não podia ser realizado mecanicamente pela máquina de Turing. Assim, a máquina do Oráculo fornecia um ‘conselho externo’ que poderia ser consultado e ativado em alguns passos do cálculo que não podiam ser solucionados algorítmicamente pela máquina de Turing. Uma vez que o Oráculo oferecesse a sua resposta, a computação mecânica poderia ser reiniciada. Em outras palavras, o Oráculo seria sempre chamado para resolver um passo não-computável!” (Nicoletis; Cicurel, 2015, p. 65) Além disso, Turing também já havia investigado os limites da computabilidade de sistemas formais apontado as limitações que lhe são intrínsecas nos casos de resolução de problemas não número-teóricos (Turing; Copeland, 2004, 156-157).

Vemos que Dupuy reprovava na cibernética, nas equivalências e homologias entre cérebro e máquina, a confusão entre a informação meramente quantitativa, probabilística e, portanto, potencialmente infinita e a informação material e qualitativa, finita, ligada à cognição incorporada e real. É por essa razão que ele afirma que “no uso que dela é feito ao longo de todas as Conferências Macy, a ‘teoria da informação’ revela-se muito menos como a chave de uma nova visão de mundo do que como um instrumento familiar, um mero meio para fins muito diversos. Os cibernéticos ensinaram os outros a se servirem dele” (Dupuy, 1996, p. 154). O reducionismo mecanicista e probabilístico da informação operado por cibernéticos como Wiener é que provavelmente fez com que Dupuy não percebesse como a teoria da informação foi não meramente uma ferramenta útil, mas também uma fundamental para o próprio surgimento das ciências cognitivas e os modelos que, segundo ele, estão em sua base.

Por outro lado, o próprio Dupuy reconhece no esforço da cibernética de unificação das ciências — ou naquilo que Simondon denominou tecnologia intercientífica — e nas analogias entre máquina e cérebro, não as soluções para problemas epistemológicos, mas aberturas de problemas comuns que tornavam a cibernética uma epistemologia.

O esforço de unificação realizado pelos cibernéticos não se situa no nível das soluções, mas sim dos problemas. Algumas classes de problemas, definidas por uma mesma estrutura lógica, atravessam as mais variadas disciplinas. A cibernética edificou-se especialmente ao redor de duas dessas classes: os problemas de comunicação, por um lado; os problemas colocados pelo estudo dos mecanismos que produzem eles próprios sua unidade (*Self-integrating mechanisms*), por outro (Dupuy, 1996, p. 110).

Trata-se dos problemas da comunicação e da organização de sistemas, e como autores recentes têm demonstrado (Rubio; Rodríguez, 2020; Rodríguez, 2019; Vilalta, 2025a), não é possível compreender como os conceitos de comunicação, organização e sistema estruturam os modelos epistemológicos e científicos, sem perceber como a informação é o conceito central de estruturação e articulação desses conceitos e do conhecimento e do funcionamento das ciências e tecnologias hodiernas.

CONCLUSÃO

Como conclusão, podemos afirmar que a história contada por Dupuy de como a cibernética — e seus modelos para estruturar logicamente os mecanismos, naturais ou artificiais — esteve na origem das ciências cognitivas é uma história parcial: falta a ela uma análise dos problemas de comunicação que tanto a cibernética quanto as ciências cognitivas postulavam. Pelo lado da cibernética, como vimos, “a ciência que estuda o controle e a comunicação em animais, homens e máquinas” na definição de Wiener, a abordagem de Dupuy é insuficiente, já que ela permanece muito mais associada aos problemas de organização e conformação dos sistemas individuais do que aos modos de comunicação entre máquinas e entre organismos — tal preferência fica confessa em seu livro em sua predileção e entusiasmo pelos problemas que mobilizaram a segunda cibernética (de Maturana, Varela, Atlan, Von Foerster, Ross Ashby, entre outros). Pelo lado das ciências cognitivas, sua abordagem também é insuficiente, mas cabe ressaltar que Dupuy reconhece que, nas Conferências Macy, a “*comunicação era, pois, não só objetivo das conferências, mas também seu modo e sua razão de ser*” (Dupuy, 1996, p. 100) e que “a noção-chave que se depreende desses diversos trabalhos é a de uma *causalidade circular* entre personalidade e cultura: a personalidade dos indivíduos é moldada pelo meio social e cultural em que eles vivem, mas inversamente, esse meio é o reflexo da personalidade de base dos que o habitam” (Dupuy, 1996, p. 102). Portanto, podemos dizer que as preocupações e influências da psicologia sistêmica, dos gestaltistas, da psicologia comportamental e experimental, da linguística e da antropologia não estiveram ausentes das considerações que Dupuy faz de como os problemas da comunicação estiveram no horizonte das ciências cognitivas.

Contudo, é visível que Dupuy se dedicou à investigação dos modelos que permitiram um conhecimento científico dos fenômenos cognitivos como a reprodução, representação, repetição, simulação, entre outros, mas não se dedicou à correlata investigação sobre os modelos que permitiram o conhecimento e, principalmente, o controle dos fenômenos de comunicação no que diz respeito às consciências e aos sistemas cognitivos. O modelo central nesse caso seria o da *Teoria Matemática da*

Informação de Claude Shannon.²⁰ Finalmente, por mais que Dupuy não concorde com as propostas de Wiener, e de uma parte do grupo dos cibernéticos, de estabelecer uniformizações e equivalências que permitissem um modelo de controle e comunicação geral de todos os seres por meio da informação digital, tal proposta afetou veementemente as investigações no campo das ciências cognitivas e, principalmente, no nascimento da inteligência artificial que articulou computação e cognição a partir da abordagem cibernética (Vilalta, 2025b).

Graças aos insights de Wiener, tornou-se possível conceber a informação independentemente de um aparelho transmissor específico: em vez disso, podia-se enfocar a eficácia de qualquer comunicação de mensagens via qualquer mecanismo, e podia-se considerar os processos cognitivos independentemente de qualquer corporificação particular – uma oportunidade que os psicólogos logo aproveitariam, ao tentar descrever os mecanismos subjacentes ao processamento de qualquer tipo de informação. Só muito recentemente os cientistas cognitivos começaram a se perguntar se eles de fato podem se permitir tratar toda informação de forma equivalente e ignorar questões de conteúdo (Gardner, 2003, p. 36-37).

Assim, fica apontada uma possibilidade de investigação que complementaria a história das origens das ciências cognitivas traçada por Dupuy. Tal complementação enriqueceria as discussões que o autor faz sobre como as ciências cognitivas, ao menos em sua vertente cognitivista e computacionalista, que estiveram marcadas por um reducionismo mecanicista que dominou os modelos da primeira cibernética. Isso porque seria possível traçar como um reducionismo digital da informação e da comunicação marcou não apenas o surgimento das ciências cognitivas e da inteligência artificial, mas também permanece presente nos dias atuais na base das confusões acerca do que significa “inteligência” nos sistemas de Inteligência Artificial. O problema da encarnação da cognição nas máquinas digitais continua tendo na informação probabilística um modelo privilegiado de funcionamento — que é o que vemos na proposição de que *Large Language Models* (LLMs) como *ChatGPT*, *Claude*, *Gemini* e outros serão capazes de alcançar algo como uma superinteligência ou a *Artificial General Intelligence* (AGI).

²⁰ Desenvolvemos esse aspecto em Vilalta, 2025a.

REFERÊNCIAS

- ARIKPO, I; OGBAN, F; ETENG, I. Von Neumann Architecture and Modern Computers. **Global Journal of Mathematical Sciences**, n. 6, pp. 97-104, 2008.
- ASPRAY, W. **John Von Neumann and the origins of modern computing**. MIT Press, 1990.
- ATLAN, H. **A organização biológica e a teoria da informação**. Instituto Piaget, 2009.
- BLANCO, J. Los modos de existencia de los objetos computacionales. **Revista de Filosofía Aurora**, v. 36, 2024a.
- BLANCO, J. Cognición computacional. Resonancias. **Revista de Filosofía**, n. 17, 2024b. Chile.
- BLANCO, J.; RODRÍGUEZ, P. Sobre la fuerza y la actualidad de la teoría simondoniana de la información. In: BLANCO, J.; PARENTE, D.; RODRÍGUEZ, P.; VACCARI, A. (coords.) **Amar a las máquinas** — cultura y técnica en Gilbert Simondon. Prometeo Libros, 2015.
- BRETON, P. **História da informática**. Editora UNESP 1991.
- CAMPBELL-KELLY, M. et al. **Computer: a history of the Information Machine**. Westview Press, 2014.
- COUFFIGNAL, L. **A cibernética**. Difusão Europeia do Livro, 1966.
- DUPUY, J-P. **Nas origens das ciências cognitivas**. Editora UNESP, 1996.
- EINGENMANN, R; LILJA, D. Von Neumann Computers. **Computer Science**, Engineering, 1999.
- FLORIDI, L. **The Philosophy of Information**. Oxford University Press, 2013.
- GARDNER, H. **A Nova Ciência da Mente: Uma História da Revolução Cognitiva**. EDUSP, 2003.
- GLEICK, J. **A informação** — uma história, uma teoria, uma enxurrada. Companhia das Letras, 2013.
- HEIMS, S. **The cybernetics group**. MIT Press, 1991.
- HODGES, A. **Turing: um filósofo da natureza**. Editora UNESP, 2001.
- ISAACSON W. **Os inovadores** — uma biografia da revolução digital. Companhia das Letras, 2014.
- LAFONTAINE, C. **O Império Cibernético**. Instituto Piaget, 2004.

KLINE, R. **The Cybernetics moment: or why we call our age the information age.** Johns Hopkins University Press, 2015.

KURZWEIL, R. **Como criar uma mente** — os segredos do pensamento humano. Aleph, 2014.

MACKAY, D. **Information, mechanism and meaning.** MIT Press, 1969.

MCCULLOCH, W.; PITTS, W. A Logical Calculus of The Ideas Immanent in Nervous Activity. In: MCCULLOCH, W. **Embodiments of mind.** MIT Press, 2016, pp. 19-38.

NICOLELIS, M; CICUREL, R. **O cérebro relativístico.** Kios Press, 2015.

PENROSE, R. **A nova mente do rei: computadores, mentes e as leis da física.** Campus, 1991.

PIAS, C (Ed.). **Cybernetics: The Macy Conferences 1946 – 1953.** Diaphanes, 2016.

PICKERING, A. **The cybernetic brain: sketches of another future.** The University of Chicago Press, 2011.

PRADO, B. **Ambivalence in machine intelligence: the epistemological roots of the Turing Machine.** Signos Filosóficos, Ciudad de México, v. 23, n. 45, pp. 54-73, jun. 2021.

RID, T. **Rise of the machines: a cybernetic history.** W.W. Norton & Company, 2016.

RODRÍGUEZ, P. **Las palabras en las cosas** — saber poder y subjetivación entre algoritmos y biomoléculas. Cactus, 2019.

RODRÍGUEZ, P. **Historia de la información: del nacimiento de la estadística y la matemática moderna a los medios masivos y las comunidades virtuales.** Capital Intelectual, 2012.

RODRÍGUEZ, P. Extrólogo. In: Tiquun. **La hipótesis cibernética.** Hekht Libros, 2015.

ROSENBLUETH, A; WIENER, N; BIGELOW, J. Comportamento, propósito e teleologia. **Cadernos de História e Filosofia da Ciência**, v. 2, série 1, 1981.

RUBIO, R; RODRÍGUEZ, P. Un nuevo a priori histórico? Análisis de propuestas de renovación de las Humanidades centradas en la noción de información. **Co-herencia**, pp. 167-196, vol. 17, n. 33, Julio — Diciembre de 2020. DOI: <https://doi.org/10.17230/co-herencia.17.33.6>.

RUYER, R. **A cibernética e a origem da informação.** Tradução: Maria Helena Kuhner. Paz e Terra, 1972.

SHANNON, C; WEAVER, W. **The Mathematical Theory of Communication.** University of Illinois Press, 1998.

SIMONDON, G. **Sobre a filosofia (1950 – 1980)**. Cactus, 2018.

SIMONDON, G. **A individuação à luz das noções de forma e de informação**. Tradução: Luís Eduardo Ponciano Aragon e Guilherme Ivo. Editora 34, 2020a.

SIMONDON, G. **Do modo de existência dos objetos técnicos**. Tradução: Vera Ribeiro. Contraponto, 2020b.

SIMONDON, G. **Sobre la psicología: 1956-1967**. Cactus; Aula de Humanidades, 2019.

TIQQUN. **La hipótesis cibernética**. Hekht Libros, 2015.

TURING, A; COPELAND, J (ed.). **The essential Turing** — the ideas that gave birth to the computer age. Oxford University Press Inc., 2004.

VARELA, F. **Conhecer** — as ciências cognitivas, tendências e perspectivas. Instituto Piaget, s.d.

VILALTA, L. **Na encruzilhada do digital: uma arqueogênese da informação de Jacquard à Inteligência Artificial**. Tese (Doutorado em Filosofia) — Faculdade de Filosofia, Letras e Ciências Humanas, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2025a. Acesso em: 7 janeiro 2026. DOI:10.11606/T.8.2025.tde-28072025-113524.

VILALTA, L. Cibernética versus Inteligencia Artificial: escenas de la batalla final. In: NOVAES, T. **Simondon 100 años** — pensamento transductivo. Editorial Aula de Humanidades: Utedé, 2025b.

VILALTA, L. Quem o cérebro pensa que é? — uma neurologia das conectividades. **DOIS PONTOS (UFPR) DIGITAL, Gilbert Simondon**, v. 16, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/doispontos/article/view/70255>. Acesso em: 25 janeiro 2026.

WIENER, N. **The human use of human beings** — cybernetics and society. Doubleday Anchor Books, 1954.

WIENER, N. **Cibernética** — ou o controle e comunicação no animal e na máquina. Perspectiva, 2017.