

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
“Júlio de Mesquita Filho”
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Câmpus de Rio Claro

VIVIANE HENGLER CORRÊA CHAVES

NORBERT WIENER: A TEORIA CIBERNÉTICA DE UM MATEMÁTICO

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Educação Matemática.

Orientador: Prof. Dr. Irineu Bicudo

RIO CLARO (SP)

2016

510.09 Chaves, Viviane Hengler Correa
C512n Norbert Wiener : a teoria cibernética de um matemático /
Viviane Hengler Correa Chaves. - Rio Claro, 2016
155 f. : il., figs., quadros

Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista,
Instituto de Geociências e Ciências Exatas
Orientador: Irineu Bicudo

1. Matemática - história. 2. Cibernética. 3. Segunda
Guerra Mundial.. I. Título.

VIVIANE HENGLER CORRÊA CHAVES

NORBERT WIENER: A TEORIA CIBERNÉTICA DE UM MATEMÁTICO

Tese de Doutorado apresentada ao Instituto de Geociências e Ciências Exatas do Câmpus de Rio Claro, da Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho”, como parte dos requisitos para obtenção do título de Doutora em Educação Matemática.

Comissão Examinadora

Prof. Dr. Irineu Bicudo – Orientador
(UNESP – Rio Claro)

Prof. Dr. Ricardo César Gonçalves Santana
(UNESP – Marília)

Prof. Dr. Henrique Lazari
(UNESP – Rio Claro)

Prof. Dr. Gustavo Barbosa
(UNESP – Rio Claro)

Prof. Dr. Paulo Celso Russi de Carvalho
(Instituto Federal de São Paulo – Piracicaba)

Rio Claro, SP 19 de setembro de 2016

À minha irmã, a quem ensinei as primeiras palavras
e com quem, mais tarde, aprendi a combinar palavras para
expressar o mais profundo sentimento.

AGRADECIMENTOS

Nossas conquistas dependem, também, do trabalho e do incentivo de outras pessoas, cujos papéis são fundamentais para que tenhamos êxito nos nossos propósitos. A realização desse trabalho só foi possível devido à colaboração de várias pessoas e, sendo assim, quero fazer um breve agradecimento a elas que, de alguma forma ou em algum momento, me ajudaram nessa jornada. Agradeço a todo o corpo administrativo do programa de Educação Matemática que me ajudou de forma tão prestativa e eficaz e, igualmente ao profissional, indispensável neste trabalho, as bibliotecárias da Unesp de Rio Claro. Agradeço aos meus familiares pelo incentivo e, estendo meus agradecimentos aos funcionários do Instituto de Arquivos e Coleções Especiais, órgão do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, o qual me proporcionou documentos especiais e significativos para que eu realizasse uma boa pesquisa. As sugestões dadas pelo corpo de professores que compôs a banca lapidaram o meu trabalho e, serei eternamente grata a eles. Agradeço aos professores do programa cuja sapiência me tocou durante o convívio desses anos e, por último, mas não menos importante, ao meu orientador Prof. Dr. Irineu Bicudo. Quero agradecê-lo pela leitura atenta e criteriosa do meu trabalho, por ter acreditado no meu desafio e pela liberdade de criação que me foi concedida para desenvolvê-lo.

RESUMO

Esta tese parte do seguinte problema de pesquisa - quais conhecimentos e experiências levaram o matemático Norbert Wiener a desenvolver a sua teoria cibernética e quais as consequências decorrentes desse modo sistêmico de pensamento? Como objetivo geral pretendeu-se elaborar uma reconstituição histórica do surgimento e evolução da Teoria Cibernética, por meio da história de seu idealizador, Norbert Wiener, de modo a compreender as ideias que o levaram à construção de sua teoria. Integra o escopo deste trabalho entender a lógica matemática que levou Wiener a conceber sua teoria cibernética e, também, a sua teoria da comunicação; relacionar os aspectos técnicos e sua abrangência, bem como a problemática, social e científica, que a Cibernética impõe ao mundo contemporâneo. O *locus* temporal desta pesquisa delimita-se, historicamente, entre 1894 e 1964, anos relativos ao nascimento e morte de Norbert Wiener, respectivamente. Busca-se construir uma história não se atendo somente às obras e documentos de Wiener, os fatos descritos, mas também compreender as relações que se deram por meio dos fatos, suas problematizações e seu contexto histórico. Para tanto, utilizou-se da pesquisa bibliográfica e documental baseada nas obras e documentos de Norbert Wiener. Em síntese, as considerações finais apontam que a cibernética tem como característica fundamental a interdisciplinaridade e abrange todo o campo da teoria do comando, controle e transmissão de informações. Destaca-se, ainda, a influência marcante da trajetória profissional e pessoal de Wiener para o desenvolvimento da sua Teoria Cibernética.

Palavras-chave: História da Matemática. Norbert Wiener. Cibernética. Segunda Guerra Mundial.

ABSTRACT

This thesis of the following research problem - what knowledge and experiences have led the mathematician Norbert Wiener to develop their cybernetic theory and what the consequences of systemic way of thinking? As a general objective was intended to establish a historical reconstruction of the emergence and evolution of Cybernetics Theory, through the story of its creator, Norbert Wiener, so as to understand the ideas that led to the construction of his theory. The scope of this paper too search understand the mathematical logic that led Wiener to design their cybernetic theory and also its communication theory; relate the technical aspects and its comprehensiveness as well as the problems, and social science, the cybernetics require the contemporary world. The temporal *locus* of this research is delimited historically, between 1894 and 1964, years for the birth and death of Norbert Wiener, respectively. Seeks to build a story, not only attend to the works and Wiener documents, the facts described, but also understand the relationships that occurred through the facts, their problematizations and its historical context. For that, we used the bibliographical and documentary research based on the works and documents of Norbert Wiener. In summary, the conclusions point cybernetic has the fundamental characteristic the interdisciplinarity and comprise the entire field of the theory of command, control and transmission of information. It is noteworthy also the strong influence of the personal and professional trajectory of Wiener to the development of its Cybernetics Theory.

Keywords: History of Mathematics. Norbert Wiener. Cybernetics. Second World War.

Sumário

1. INTRODUÇÃO.....	7
1.1 Motivações	10
1.2 Metodologia	12
1.3 Algumas Considerações acerca da Cibernética.....	13
2. NORBERT WIENER: <i>I'M A MATHEMATICIAN</i>	20
2.1 Formação: da infância à vida acadêmica.....	21
2.2 Emancipação	26
2.3 Primeira Guerra Mundial	36
2.4 Após o Término da Primeira Guerra Mundial: produções matemáticas	40
2.5 Maturidade pessoal e científica: um matemático consolidado	51
2.6 Clima Hostil	54
2.7 Cibernética: após o término da Segunda Guerra Mundial.....	70
2.8 Wiener (1950 a 1964): publicações, viagens e conferências.....	89
3. NORBERT WIENER: CIÊNCIA, ÉTICA E FILOSOFIA	102
4. FICÇÃO CIENTÍFICA	115
CONSIDERAÇÕES FINAIS	121
REFERÊNCIAS	124
APÊNDICE A – CONTO DE FICÇÃO CIENTÍFICA.....	131
ANEXO – PRODUÇÕES DE NORBERT WIENER	142

1. INTRODUÇÃO

A Cibernética teve sua origem nas experiências de guerra de Norbert Wiener e Julian Bigelow. Os computadores ajudaram-na a representar o mundo nas máquinas, e mudaram, de forma significativa, a ideia que o homem tinha sobre a tecnologia dos computadores. O desenvolvimento da Cibernética levou os cientistas a novos modelos matemáticos, cada vez mais complexos, decorrentes de novas formas de conceber o envolvimento sistêmico homem-máquina. Termos comuns no mundo contemporâneo, tais como *cyborg*, ciberespaço, cibercultura entre outros têm a mesma origem embrionária, a qual abriu caminhos para uma ampla gama de possíveis desdobramentos.

Destaca-se o fato de que o contexto e as necessidades surgidas com a Segunda Guerra Mundial propiciaram o ambiente para o desenvolvimento desse conhecimento de cunho interdisciplinar, que culminou com a origem da Cibernética. Foram criados grupos multidisciplinares compostos de matemáticos, físicos, engenheiros, cientistas sociais, e outros, que, em conjunto, aliavam a força de seus conhecimentos para resolver os problemas de esforço de guerra.

A Cibernética é uma ciência de característica interdisciplinar, assim como todas as outras que surgiram, ou evoluíram durante a Segunda Guerra, sob o patrocínio militar, tendo como base a pesquisa científica. A sistematização das atividades efetuadas durante a Segunda Guerra Mundial envolveu processos nos quais o comando e o controle foram vitais para as ações planejadas e para o êxito das operações militares. O controle implica a presença de um alvo, um objetivo, uma meta a ser alcançada. Tais processos envolvem a comunicação de informações que flui entre todos os envolvidos, pessoas e aparatos e, tais informações servirão para orientar equipamentos e tomadas de decisões. De acordo com Mirowski (1999), existe um consenso na literatura quanto a denominá-las *cyborgsciences*, inspirado no paradigma comando-controle-comunicação-informação, e pode-se agregar a esse grupo o advento do computador.

O termo Cibernética foi cunhado por Norbert Wiener, um importante matemático estadunidense, que ficou conhecido mundialmente pela publicação do seu livro, em 1948, intitulado “*Cybernetics: or the Control and Communication in the Animal and the Machine*”. Esse livro apresenta as ideias cibernéticas de Wiener e de seus colaboradores, a exemplo dos antropólogos Gregory Bateson e Margaret Mead, do fisiologista Arturo Rosenblueth e do engenheiro Julian Bigelow. Tais ideias partem da hipótese de que o modo como os sistemas, sejam eles biológicos, tecnológicos ou sociais, respondem às mensagens advindas do mundo

exterior são equivalentes e redutíveis a modelos matemáticos. Embora o termo Cibernética date do verão de 1947, passou a ser usado para referenciar épocas anteriores, desde 1940, quando essas ideias começaram a surgir. O sucesso do livro contribuiu para a divulgação da Cibernética e generalização de suas ideias e, assim, novos campos de pesquisa surgiram após a eclosão do movimento cibernético. A amplitude desse conceito favoreceu o surgimento de outras ciências, cibernéticas por natureza, como a Ciência Cognitiva, a Inteligência Artificial, a Robótica e a Informática. Apesar de a Cibernética ter surgido em 1940, suas ideias originais continuaram a brotar, gerando novos conceitos e novas aplicações.

A teoria proposta por Wiener provocou uma verdadeira revolução sociocultural e filosófica, não se restringindo somente ao plano tecnológico. Logo após seu surgimento, configurou-se como um poderoso movimento intelectual. Os ciberneticistas que o integraram estavam preocupados com um nível diferente de abordagem, que os levou à novas concepções, as quais abrangem desde ideias ficcionais até a concepção de mente, baseada em princípios cibernéticos. O campo de estudo da Cibernética é vasto e não inclui apenas o estudo da linguagem, mas, também: formas de comunicação; as mensagens entre humanos e entre humanos e máquinas; a nova modelagem do protótipo homem-máquina; sistema nervoso e outros.

Esta tese parte do seguinte problema de pesquisa - quais conhecimentos e experiências levaram o matemático Norbert Wiener a desenvolver a sua teoria cibernética e quais as consequências decorreram desse modo sistêmico de pensamento?

É impossível escrever sobre a história da Cibernética sem referenciar seu criador, Norbert Wiener. Desse modo, o objetivo geral desta tese é fazer uma reconstituição histórica do surgimento e evolução da Teoria Cibernética, por meio da história de seu idealizador, Norbert Wiener, de modo a compreender as ideias que o levaram a contrução de sua teoria.

Integra ainda o escopo deste trabalho entender a lógica matemática que levou Wiener a conceber sua teoria cibernética e, também, a sua teoria da comunicação; relacionar os aspectos técnicos e sua abrangência, bem como a problemática, social e científica, que a Cibernética impõe ao mundo contemporâneo. O *locus* temporal desta pesquisa delimita-se, historicamente, entre 1894 e 1964, anos relativos ao nascimento e morte de Norbert Wiener, respectivamente. Busca-se, então, construir uma história não se atendo somente às obras e documentos de Wiener, os fatos descritos, mas também compreender as relações que se deram por meio dos fatos, suas problematizações e seu contexto histórico.

A trajetória de Norbert Wiener desvela uma narrativa envolvente, contextualizada em um momento de transformação da ciência, cujo ápice foi a Segunda Guerra Mundial. Pareceu

oportuno apresentar um pouco dessas transformações nas entrelinhas de sua história, como também seus reflexos em suas produções. Seu pensamento matemático criativo, suas experiências e formação, também marcantes, são reveladores de suas ideias, as quais são exploradas no capítulo dois, no qual foi narrada sua história. Seu delírio cibernético resultou em um espectro que obsedou toda a sociedade e, as causas dessa obsessão foram, e continuam sendo, tema filosófico da atualidade. O efeito das tecnologias de comunicação e controle sobre a cultura e o desenvolvimento social sempre foram examinados, com pormenores, por Wiener. Assim, questões de cunho filosófico e ético, embasadas nas suas próprias conquistas científicas, e tratadas por ele, ao longo de sua vida, também são abordagens relevantes neste trabalho, constituindo o capítulo três desta tese.

Sob o ponto de vista histórico, é possível identificar que a Cibernética surgiu como uma ciência de confusa genealogia e grandes pretensões, e foi ganhando notoriedade à medida que seus princípios e fundamentações teóricas foram sendo desenvolvidos, os quais são explorados no desenvolvimento desta tese. E, para falar da Cibernética na atualidade, optou-se por escrever um capítulo sobre ficção científica, pois, “um dos objetivos da história talvez seja justamente lançar uma ponte entre o passado e o presente, e restabelecer essa continuidade interrompida” (HALBWACHS, 2008, p. 101).

Nos dias atuais não é comum as pessoas se referirem à Cibernética como ciência e, sim, atribuírem a ela ares de ficção científica, pois desenvolvimentos mais complexos levaram-na a novas classificações. Outro motivo dessa atribuição consiste em que a Cibernética desperta algumas formulações de ordem conceitual sobre o homem e sobre a sua realidade tecnológica artificial que o transporta para um mundo de condições sobre-humanas, um mundo ficcional. Grande parte do lazer de Norbert Wiener foi dedicado às leituras de ficção científica e, ao longo de sua vida, escreveu vários contos nessa categoria.

Ainda nessa direção, foi escrito um conto de ficção científica, intitulado “Bioboy, o Ciborgue que calculava”, fazendo alusão ao livro de Malba Tahan, “O homem que calculava”. O objetivo do conto, que se encontra nos apêndices deste trabalho, é de ilustrar os impactos da Cibernética e das ciências decorrentes desta, na sociedade. Como Beremiz, personagem de Malba Tahan, Bioboy, personagem do conto, era o apelido do garoto que calculava. O prefixo “bio” caracteriza a natureza de seus cálculos matemáticos, que são efetuados por meio da mobilização de seus recursos biológicos e, não dos seus recursos cibernéticos. Algumas ideias cibernéticas desempenham papéis-chaves no mundo de Bioboy, assinaladas em negrito no conto de ficção científica, assombrado pelos problemas que provocamos em nosso habitat, na

atualidade, e que irão refletir no século L, período em que se passa a história ficcional, no mundo de Bioboy.

No entanto, tal conto, apenas ilustrativo para esta tese, pode ser utilizado como material didático para o ensino de variadas ciências, despertando no estudante a curiosidade por temáticas que nem sempre estão disponíveis em conteúdos curriculares, como é o caso da inteligência artificial e da própria Cibernética.

1.1 Motivações

Somos o que os séculos nos fizeram!
 O que somos de razão e vontade, o que somos de pensamento e ação, o que somos de sensibilidade e frieza, de trabalho e lazer, de descrença e esperança, o que somos de bÍlis e coração é terem existido outros, é terem traçado rumos, e terem aberto estradas, é terem apontado caminhos!
 Eis nossos predecessores!
 (BICUDO, 2009, p. 17)

A dissertação de mestrado intitulada “Perspectivas Históricas da Pesquisa Operacional”, desenvolvida por mim sob a orientação do Prof. Dr. Irineu Bicudo, teve como tema a história da Pesquisa Operacional. Essa história se insere nos grandes acontecimentos tecnológicos e científicos do século XX. Por meio desse recorte, foi possível entender a mobilização da ciência durante a Segunda Guerra Mundial, o desenvolvimento da matemática aplicada, e constatar o surgimento de outras ciências e aplicações, cujos desdobramentos, no período pós-guerra, contribuíram para mudar a humanidade. A Cibernética foi uma delas.

Na contramão da impessoalidade com que esse trabalho é desenvolvido, as motivações que moveram essa pesquisa são carregadas de pessoalidade e se misturam com a própria história profissional do autor que desenvolve esse texto. Por isso, à exceção dos demais capítulos, utiliza-se, a partir do próximo parágrafo, a primeira pessoa do singular para descrever as motivações que deram resultado a esta tese.

Escolhi esse tema para o desenvolvimento desta tese de doutorado, dando assim continuidade à pesquisa iniciada no mestrado. A Segunda Guerra Mundial leva o crédito como propulsora dessa ciência interdisciplinar, uma vez que o contexto do período gerou necessidades de encontrar soluções para problemas complexos que não seriam resolvidos sob uma perspectiva disciplinar. Nesse sentido é que a interface entre as mais variadas áreas, resultantes da complexidade posta pela guerra, foi solo fecundo para o surgimento da Cibernética. Podemos citar um trecho de D’Ambrósio, no qual este assinala a importância de se compreender as transformações políticas e científicas resultantes desse conflito, pois:

É de uma miopia total procurar entender o desenvolvimento da Matemática contemporânea, que começa a surgir na segunda metade deste final de século, sem atentar para as profundas transformações políticas resultantes da Segunda Guerra Mundial e da própria condução desse conflito. Pelas mesmas razões, não se pode entender o desenvolvimento da Matemática a partir do século XVI, que é quando ela começa a se organizar como um corpo autônomo de conhecimentos, sem uma análise do processo de conquista e colonização e de suas consequências (D'AMBROSIO, 1999, p. 101-102).

As transformações ocorridas no período em questão, aliadas à transferência de tecnologias de esforço militar para o planejamento social após a guerra, mudou o curso da história. Outro fator preponderante, na escolha do tema desta tese, foi o interesse que tenho pelo assunto, e, sobretudo, por sua relevância em vários segmentos, tais como Ciência Cognitiva, Internet, Robótica, Inteligência Artificial e outros. Explicito mais profundamente, a seguir, esse interesse.

A ordem racional que envolve o tema dessa pesquisa sempre esteve presente no meu cotidiano, nos problemas que me eram apresentados como analista de sistemas. Era necessário conhecer as ferramentas e técnicas de modelagem de sistemas que evoluíram muito rapidamente; talvez, em ritmo mais acelerado nas últimas décadas. Isso porque, uma das minhas funções exigia a construção de modelos passíveis de ser codificados e processados nos computadores. Nesse mundo sistêmico, orientado pela lógica, pragmático e algorítmico, trabalhei todos esses anos. Seria ingenuidade afirmar que as regras, ou seja, a racionalidade que rege o mundo das máquinas, não afetava a minha vida. Para quem me conhece mais intimamente, essa manifestação é plenamente visível, não no sentido emocional, mas na maneira como organizo minhas atividades na vida diária. Essa afirmação encontra aporte em: “nossos habitats sucessivos jamais desaparecem totalmente, nós os deixamos sem deixá-los, pois eles nos habitam, por sua vez, invisíveis e presentes em nossa memória e nos nossos sonhos. Eles viajam conosco” (CERTEAU, 2003, p. 207).

A escolha do objeto a ser estudado faz parte de uma experiência profissional, e está estruturada em um mundo matematicamente preconcebido; devido à amistosa interferência reguladora entre ele e a concepção de mundo desta pesquisadora, não se perderá o entusiasmo pelo tema, mesmo consciente de que possa assumir várias formas de reificação durante o seu desenvolvimento.

Wiener (1954) comenta que alguns de seus amigos afirmaram que uma tese de doutorado deveria ser o maior trabalho científico que um homem já fez, ele discorda, e afirma:

Não partilho dessa opinião. Digo, apenas, que se a tese não é, de fato, uma tarefa tão capital, deve pelo menos ser, em intenção, o portão de acesso para um vigoroso trabalho criativo. Só Deus sabe quantos problemas não existem a serem resolvidos, quantos livros a serem escritos, quanta música a ser composta! No entanto, com pouquíssimas exceções, para se chegar a tanto, é mister realizar tarefas maquinais que, em nove entre dez casos, não se tem nenhuma razão imperiosa para realizar. Que o Céu nos livre dos primeiros romances que são escritos porque um jovem aspira ao prestígio de ser romancista e não porque tenha algo a dizer! Que o Céu nos livre, igualmente, dos ensaios matemáticos que sejam corretos e elegantes, mas destituídos de corpo e espírito. Que o Céu nos livre, sobretudo, do esnobismo que não somente admite a possibilidade desse trabalho apoucado e maquinal, mas deblatera, com espírito de arrogância depreciadora, contra a competição de vigor e ideias, onde quer que se possam encontrar! (WIENER, 1954, p. 132).

Foi em História da Ciência que resolvi, primeiramente, dizer algo e, optei por pesquisar sobre uma ciência cujas ideias foram tão revolucionárias que perduram até hoje. Dediquei-me para que a história, a seguir, fosse meu trabalho capital, “o canto da sereia” de Bicudo (2009), mas, se não o for, pelo menos a intenção foi essa.

1.2 Metodologia

A história é sempre uma construção, na qual:

Apenas aproximações estão no domínio do historiador: boas ou más. Tudo o que ele pode almejar é que o seu relato seja “o canto da Sereia” que não engane, mas leve realmente ao objetivo. E isso, principalmente, ao dispormos de documentos para a consulta, na existência de fontes primárias. Falto delas, fica cheio de obstáculos o caminho para uma boa aproximação dos fatos ocorridos e dos feitos alcançados (BICUDO, 2009, p. 33).

Bicudo (2009) ressalta a importância das fontes primárias no ofício de historiador, para que este obtenha uma boa aproximação dos fatos ocorridos. Essas fontes que consubstanciam essa pesquisa são fomentadas pelas obras de Norbert Wiener e documentos que foram selecionados de seu arquivo MC022. Esse arquivo é uma coletânea de toda a obra de Norbert Wiener, que inclui desde correspondências que manteve com intelectuais, cientistas e pesquisadores ao longo de sua vida, livros, artigos e manuscritos de várias obras e palestras que o pesquisador redigiu e proferiu ao longo de sua vida acadêmica. Sua localização geográfica é a cidade de Boston, integrando o acervo do *Institute Archives and Special Collections*, órgão do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). A fim de que pudesse selecionar alguns desses documentos pertinentes a esse arquivo, o autor desta tese

esteve *in loco* no MIT. Todavia, tais documentos, copiados com autorização do departamento ao qual pertencem, não podem ser reproduzidos, sendo assim, não constarão desta tese na íntegra. Ainda assim, excertos e citações são disponibilizados neste relatório, conforme o permitido pelas normas do acervo. Norbert Wiener ocupou o cargo de professor de Matemática nesse Instituto, local em que permaneceu até a sua morte, em 1964.

Dados os objetivos do trabalho, a pesquisa configura-se como qualitativa de caráter exploratório e descritivo; utiliza, como procedimento técnico, a pesquisa bibliográfica de abordagem documental, que compreende um conjunto de técnicas interpretativas diversas que objetivam descrever os integrantes de um sistema complexo (LÜDKE; ANDRÉ, 1986). A pesquisa com base na História da Ciência, conforme descreve Martins (2005, p. 306), prevê os seguintes conhecimentos: “em metodologia de pesquisa em História da Ciência, em epistemologia, um conhecimento dos conceitos da ciência com a qual se está lidando, além de um conhecimento histórico do período que está sendo estudado”. Compete ao historiador optar por um tema de seu interesse, que atenda os quesitos da citação anterior.

A escolha dos objetos para o desenvolvimento da pesquisa está impregnada de intencionalidade, o que faz o trabalho do historiador ímpar. O passado propicia-me dados, pois, “o passado é, por definição, um dado que nada mais modificará. Mas o conhecimento do passado é uma coisa em progresso, que incessantemente se transforma e aperfeiçoa” (BLOCH, 2001, p. 75). De posse dos dados referentes ao período histórico abordado, compete ao historiador fazer escolhas que contribuirão para alinhar fatos às ideias, gerando as informações.

A informação é o que o historiador sempre buscou, por meio de muitas peripécias, pois a história é o passado, sempre ambíguo e sujeito a interpretações do historiador. “A percepção e a inteligibilidade são graus sucessivos de abstração através dos quais nos damos conta da realidade” (EPSTEIN, 1986, p. 10-11). A aleatoriedade das escolhas do historiador, condizentes com sua percepção e inteligibilidade, levaram-no a tecer uma realidade a qual tenta descrever.

1.3 Algumas Considerações acerca da Cibernética

A Segunda Guerra Mundial foi a responsável pela ascensão e estabelecimento de novas ciências e aplicações e a Cibernética foi uma delas. A Cibernética provocou um poderoso movimento intelectual e, para Wiener (1961), havia muitos interessados nessa nova ciência e, em pouco tempo, o vocabulário dos engenheiros foi contaminado com termos do

neurofisiólogo e do psicólogo. Wiener e von Neumann acharam conveniente efetuar uma reunião envolvendo as pessoas que estavam motivadas com a nova ciência. Os encontros ocorreram em Princeton, em 1943 e 1944, nos quais:

Engenheiros, fisiologistas e matemáticos estavam todos representados. Foi impossível ter Dr. Rosenblueth entre nós, pois ele havia acabado de aceitar um convite para trabalhar como Chefe de fisiologia do Instituto Nacional de Cardiologia no México, mas, o Dr. McCulloch e o Dr. Lorente de Nó, do Instituto Rockefeller, representaram os fisiologistas. Dr. Aiken não pode estar presente, entretanto, O Dr. Goldstine estava entre um grupo de vários projetistas de máquinas computadoras, que participaram do encontro, enquanto o Dr. Von Neumann, o Sr. Pitts e eu éramos os matemáticos. Os fisiologistas fizeram uma apresentação conjunta dos problemas de cibernética, do ponto de vista deles; similarmente, os projetistas de máquinas de calcular expuseram seus métodos e objetivos. Ao fim do encontro, tornou-se claro para todos de que havia uma base substancial de ideias consensuais entre os pesquisadores de diferentes campos, de que as pessoas, em cada grupo, já podiam empregar noções que haviam sido mais bem desenvolvidas pelos outros, e de que seria preciso algum esforço a fim de chegar a um vocabulário comum (WIENER, 1961, p. 15, tradução nossa)¹.

Um problema de considerável importância cibernética, citado por Wiener (1961), que retrata a unidade fundamental entre os mecanismos de controle em diferentes ciências, foi o projeto de um aparelho que capacitasse os cegos a lerem por meio do ouvido. Esse projeto foi desenvolvido por dois membros do grupo cibernético, McCulloch e Walter Pitts. Na época, não era nova a ideia de que uma célula fotoelétrica poderia ser usada para escanear uma linha impressa e produzir sons audíveis, que poderiam de alguma maneira representar as letras e palavras escritas. Se fosse possível combinar os sons produzidos e dar-lhes formas, estas poderiam ser reconhecidas tão facilmente como as formas visuais de uma página. Cegos que não fossem surdos poderiam aprender a ler por intermédio dos ouvidos.

A principal dificuldade residia no fato de que o som deveria ser o mesmo para uma dada forma de letra, qualquer que fosse o tamanho impresso. Foi preparado um diagrama esquemático do layout da máquina, com as disposições das células fotoelétricas e dos osciladores, e submetido à consideração de um especialista, que perguntou: “É este o

¹ *Engineers, physiologists, and mathematicians were all represented. It was impossible to have Dr. Rosenblueth among us, as he had just accepted an invitation to act as Head of physiology of the Instituto Nacional de Cardiología in México, but Dr. McCulloch e Dr. Lorente de Nó of the Rockefeller Institute represented the physiologists. Dr. Aiken was unable to be present; however, Dr. Goldstine was one of a group of several computing-machine designers who participated in the meeting, while Dr. von Neumann, Mr. Pitts, and myself where the mathematicians. The physiologists gave a joint presentation of cybernetics problems from their point of view; similarly, the computing-machine designers presented their methods an objectives. At the end of the meeting, it had become clear to all that there was a substancial common basics of ideas between the workers in the different fields, that people in each group could already use notations which had been better developed by the others, and that some attempt should be made to achieve a common vocabulary.*

diagrama da quarta camada do córtex visual do cérebro?” (WIENER, 1961, p. 22, tradução nossa)².

Estimulados por esse problema, o Dr. McCulloch, com a assistência do matemático Pitts (1923-1969), elaborou uma teoria sobre a anatomia da parte do cérebro encarregada da visão, e sua fisiologia em termos de uma descrição matemática de um processo de pesquisa. O problema da prótese sensorial, ou seja, o problema de substituir a informação normalmente transmitida através de um sentido perdido pelas vias de outro, ainda disponível, é importante e não impossível, pois:

O que torna isto ainda mais esperançoso é o fato de que a memória e as áreas de associação, abordadas normalmente através de um sentido, não constituem fechaduras com uma única chave, mas são utilizáveis para armazenar impressões reunidas de outros sentidos além daquele ao qual pertencem em condições normais. Um homem que ficou cego, com exceção, talvez, de um cego de nascença, não só retém lembranças visuais anteriores em data ao seu acidente, como está mesmo capacitado a armazenar impressões táteis e auditivas em forma visual (WIENER, 1961, p. 142, tradução nossa)³.

Esse exemplo sintetiza as ideias relativas às técnicas de comunicação e controle científico que essa nova ciência, a Cibernética, se propunha a entender.

O sonho de uma ciência universal e interdisciplinar é uma ideia antiga. A crescente especialização das ciências do século XX trouxe novas visões dessa ciência idealizada, que transcende as limitações da ciência mecanicista tradicional. Para alguns cientistas esperançosos, a Cibernética era uma ciência que poderia desenvolver uma linguagem universal compreensiva, preenchendo, assim, a lacuna entre as ciências humanas e a da natureza. De modo análogo, esse ideal também é vislumbrado por físicos que buscam decifrar o enigma da existência, baseados em uma crença que busca a unidade de todas as coisas. Gleiser, em seu livro *Criação Imperfeita*, argumenta que:

[...] por trás da aparente complexidade da natureza existe uma realidade subjacente mais simples. Em sua versão moderna, essa “Teoria de Tudo” uniria, em uma única estrutura, as leis da física que regem desde o comportamento dos átomos e das partículas subatômicas ao das galáxias e do universo como um todo. Mas, apesar dos corajosos esforços de muitas mentes brilhantes, a Teoria de Tudo permanece evasiva. O universo não é elegante. É um glorioso caos criativo (GLEISER, 2010, p. 1).

² *Is this a diagram of the fourth layer of the visual cortex of the brain?*

³ *What makes it more hopeful is the fact that the memory and association areas, normally approached through one sense, are not locks with a single key but are available to store impressions gathered from other senses than the one to which they normally belong. A blinded man, as distinguished perhaps from one congenitally blind, not only retains visual memories earlier in date than his accident but is even able to store tactile and auditory impressions in a visual form.*

A Cibernética como ciência universal não teve sucesso, porém, ela marcou o início de uma transformação no modo como se vê o mundo, influenciando, de forma determinante, a cultura moderna. Estabeleceu um elo de comunicação entre engenheiros, matemáticos, neurologistas e sociólogos. Portanto, pode-se atribuir-lhe um princípio unificador e universal (WIENER,1961).

A Cibernética é a ciência da comunicação e do controle. A palavra comunicação tem um sentido muito amplo, inviabilizando incluir aqui todos os procedimentos pelos quais a mente de uma pessoa pode afetar outras mentes. Isto, naturalmente, envolve não somente a escrita, o discurso oral, a música, a pintura, o teatro, ou seja, envolve todo o comportamento humano. Em certos casos, torna-se necessário estabelecer alguns tipos de conexões que envolvam mecanismos e processos facilitadores da comunicação, conexões estas cada vez mais sofisticadas. Os problemas técnicos que ocorrem nesse processo envolvem a precisão de transferência, do emissor ao receptor, do conjunto de símbolos, escrita ou fala, ou de uma variação contínua de sinais, telefônica ou rádio, ou de uma variação contínua de sinais bidimensionais, a televisão.

Durante o processo de transmissão de sinais podem ocorrer distorções, ruídos, que afetam o sinal transmitido e, portanto, perturbam a recepção fiel da mensagem. A Teoria Matemática da Comunicação de Shannon e de Wiener têm as mesmas preocupações, tais como: quantificar a informação de uma mensagem, como se mede a capacidade de um canal de comunicação, processo de codificação de uma mensagem, como minimizar os efeitos indesejáveis de ruídos, dentre outros. Na teoria de Shannon, os aspectos semânticos da comunicação são irrelevantes para os aspectos da engenharia” (SHANNON e WEAVER, 1964, p. 8, tradução nossa)⁴, pois a informação será tratada independente do sentido que se possa ter.

Já a teoria da comunicação de Wiener é mais abrangente, pois envolve a teoria da transmissão de mensagens da engenharia elétrica, quantificação de ruído ou distúrbio, e diferentemente da teoria de Shannon, inclui um campo mais vasto que engloba o estudo da linguagem e o estudo das mensagens como meio de controle das máquinas e da sociedade. No âmbito social, a tese de Wiener (1954, p. 16) “é a de que a sociedade só pode ser compreendida através de um estudo das mensagens e das facilidades de comunicação de que disponha”. Do ponto de vista cibernético, a realidade é formada de conjuntos de sistemas,

⁴ *The semantic aspects of communication are irrelevant to the engineering aspects.*

cada qual contido em outro, ainda maior, sendo que o foco principal é a troca de informações entre as partes do sistema, ou seja, a comunicação.

Wiener, Shannon e Fisher, com relação ao aspecto da técnica de comunicação, desenvolveram uma teoria estatística da quantidade de informação. Para Wiener (1961), eles fizeram de um projeto de técnica de comunicação uma ciência estatística e, por mais de um século a noção de mecânica estatística invadiu todos os ramos da ciência. Shannon, em sua Teoria da Comunicação, associa a quantidade de informação à noção estatística de entropia de Boltzmann⁵ e Wiener a utiliza para analisar a questão do ruído nas mensagens.

A informação é uma condição necessária à eficácia de uma ação, no sentido desta atingir determinados objetivos. Os sistemas funcionam com uma meta e, para que isso ocorra, Wiener introduziu um dos princípios norteadores da Cibernética, o controle, mecanismos de regulação ou homeostase. Esses mecanismos são estratégias de ação dos sistemas, máquinas ou organismos vivos, para manter sua estabilidade ou organização. Muitas vezes, essas ações incorrem em circularidade. Essa circularidade, que parte da saída, *output*, é direcionada novamente como entrada no processo, *input*, é denominado mecanismo *feedback*.

Para Wiener (1954) certas funções de controle e de processamento de informações em máquinas, seres vivos e organizações sociais são equivalentes e redutíveis aos mesmos modelos e as mesmas leis matemáticas. Para ele,

A cibernética é um campo mais vasto, que inclui não apenas o estudo da linguagem, mas também o estudo das mensagens como meios de dirigir a maquinaria e a sociedade. Abrange também, o desenvolvimento de máquinas computadoras e outros autômatos, certas reflexões acerca da psicologia e do sistema nervoso, e uma nova teoria conjectural do método científico (WIENER, 1954, p. 15).

Assim, a Cibernética influenciou vários campos científicos, inclusive o estudo do homem, e inspirou vários cientistas a pensar a tecnologia dos computadores como uma extensão das capacidades humanas.

O homem contemplou a imensidão do universo, observou a regularidade dos movimentos dos astros e ousou reproduzi-los. Para isso, criou métodos e máquinas para submeter os fenômenos cá da terra, prevendo-os e controlando-os. De acordo com Mirowski (1999), essas ideias foram cristalizadas durante a Segunda Guerra Mundial, gerando um conjunto de projetos de pesquisa, dentre os quais, alguns podem ser agrupados sob a rubrica de “sistemas de controle”, cuja característica principal é a ideia de sistema, comum a todos.

⁵ Ludwig Eduard Boltzmann (1844-1906), físico austríaco, conhecido pelo seu trabalho nos campos da termodinâmica estatística, definiu a entropia como uma medida estatística de desordem molecular.

Essas produções ajudaram a resolver os problemas de esforço de guerra e serviram de base para uma nova era, a da comunicação, controle, programação e informação.

Churchman (1972) chama a atenção para o fato de que o modo de pensar, em nosso século, é movido por uma psicologia diferente da que outrora animou a humanidade. De acordo com Capra (2006), essa nova visão da realidade, a concepção sistêmica, vê o mundo em termos de relações e de integração. A complexidade e diversidade de projetos que se desenvolveram a partir da ideia de sistema são atribuídas a pesquisadores como Norbert Wiener, J. Presper Eckert, John Mauchly, Claude Shannon, Alan Turing, John von Neumann, Warren Weaver, Vannevar Bush, Warren McCulloch, Jay Forrester e outros. Quase todos participaram do programa de pesquisa em sistemas de controle no National Defense Research Committee (NDRC), durante a guerra, e são responsáveis pelo desenvolvimento de ciências cibernéticas por natureza.

Dentre as primeiras prioridades do NDRC figuraram os estudos sobre o radar, guerra submarina, o projeto Manhattan (explosivos) e o desenvolvimento de computadores. O NDRC, no final da guerra, era constituído de dezenove divisões, conforme pode ser visualizado no Quadro 1 a seguir:

Quadro 1: Divisões do NDRC

Divisões	
Division 1 - Ballistic Research	Pesquisa Balística
Division 2 - Effects of Impact and Explosion	Efeitos de Impacto e Explosão
Division 3 - Rocket Ordnance	Foguetes
Division 4 - Ordnance Accessories	Acessórios
Division 5 - New Missiles	Novos Mísseis
Division 6 - Sub-surface Warfare	Guerra submarina
Division 7 - Fire Control	Controle de Fogo
Division 8 – Explosives	Explosivos
Division 9 – Chemistry	Química
Division 10 - Absorbents and Aerosols	Absorventes e Aerosóis
Division 11 - Chemical Engineering	Engenharia Química
Division 12 – Transportation	Transportes
Division 13 - Electrical Communication	Comunicação Elétrica
Division 14 – Radar	Radar
Division 15 - Radio Coordination	Coordenação Rádio
Division 16 - Optics and Camouflage	Ótica e
Division 17 – Physics	Física
Division 18 - War Metallurgy	Guerra Metalúrgica
Division 19 – Miscellaneous	Diversos

Fonte: SCIENCE REFERENCES SERVICES

Asaro (2010) comenta que a informação, como quantidade, é tão importante quanto a matéria e a energia. O fio de cobre, por exemplo, pode ser estudado pela energia que ele é capaz de transmitir, ou pela informação que pode comunicar. E ainda comenta, ao expor suas ideias sobre a dominação da humanidade, acerca da transição entre as eras Industrial, simbolizada pela máquina a vapor, e a era da Informação, simbolizada pelo computador. E complementa, afirmando que o propósito da Física era a dominação da humanidade sobre a matéria e a energia, mas acabou cedendo espaço à Cibernética, que prometeu a dominação da humanidade sobre a informação e a organização de sistemas. Não se deve temer que a informação armazenada em um banco de dados governará o mundo, mas as informações regulam as ações daqueles que o governam.

2. NORBERT WIENER: *I'M A MATHEMATICIAN*

I'm a Mathematician. Era assim que Norbert Wiener gostava de apresentar-se. Não se distinguia por ter sido uma criança prodígio, mas, sim, por sua paixão pela ciência. Seus estudos têm caráter interdisciplinar, englobando várias áreas do conhecimento, porém seu trabalho mais notável foi no domínio da matemática. Tais estudos acarretaram grandes ideias científicas, não só no século XX, mas continuam presentes nas pesquisas científicas atuais.

De acordo com Masani (1990), o sucesso de Wiener deu-se em função de alguns traços da formação de sua intelectualidade. Um deles, relacionado à facilidade de transitar entre o abstrato e o concreto, fundindo-os em uma ideia inovadora. As ideias matemáticas desenvolvidas pelas pesquisas de natureza pura estão disponíveis para quem quiser usá-las, e Wiener procurava aplicá-las em seus projetos práticos e inventivos.

Foi assim que esse grande pensador desenvolveu seu trabalho interdisciplinar, em especial a Cibernética. “Tantas vezes no meu trabalho, a motivação que me levou ao estudo de um problema prático também tem me levado a entrar em um dos mais abstratos ramos da matemática pura” (WIENER, 1966, p. 192, tradução nossa)⁶.

Outro traço marcante de sua genialidade é o fato de que sempre esteve envolvido com assuntos inovadores de sua época e suas exposições, sábias e racionais, fizeram dele um crítico de assuntos científicos e do cotidiano. Seu pensamento arrojado e sua recusa em reconhecer qualquer tipo de fronteira nas ciências podem ser constatados por meio de suas contribuições que incluem várias áreas, dentre as quais destacam-se a matemática, a matemática aplicada, a física, a engenharia, a psicologia e a filosofia.

Na correspondência que manteve com intelectuais, cientistas e pesquisadores ao longo de sua vida, vemo-nos confrontados com uma personalidade sensível, apaixonadamente dedicada à ciência, em busca de uma compreensão profunda dos fenômenos e, para exemplificar, eis um trecho de uma delas:

Para minha grande satisfação você aceitou o convite para coordenar o encontro sobre “Novos Campos”, relativo à área da matemática, em 19 de dezembro, no contexto da Conferência do Bicentenário da Universidade de Princeton, entre 17 e 19 de dezembro. Eu vou presidir essa reunião, e gostaria de solicitar sua ajuda para torná-la interessante. Especificamente, creio que a reunião perderia o sentido, caso

⁶ *So often in my work, the motivation which has led me to the study of a practical problem has also induced me to go into one of the most abstract branches of pure mathematics.*

você não faça uma exposição de suas ideias acerca do tema “teleologia” (NEWMANN, 1946, tradução nossa)⁷.

Foi autor da disciplina chamada de Cibernética, a teoria geral da comunicação e controle no animal e na máquina. A experiência de guerra de Wiener deu origem a essa nova ciência da comunicação, computação e controle automático, que abrange a engenharia, a biologia e as ciências sociais. Suas ideias atraíram um grupo eclético de cientistas e estudantes, dentre esses o teórico da informação Claude Shannon, o pioneiro da computação John von Neumann e os antropologistas Margaret Mead e Gregory Bateson.

O livro de Wiener, “*Cybernetics: Or Control and Communication in the Animal and the Machine*”, publicado em 1948, acarretou uma revolução científica e tecnológica, transformando a sociedade do pós-guerra. A edição especial, janeiro de 1966, do *Bulletin of the American Mathematical Society* traz a inscrição, que traduz o reconhecimento e a importância do trabalho de Wiener, “dedicado à memória de Norbert Wiener, em reconhecimento de sua estatura imponente no campo da Matemática, não só na América, mas em nível mundial, ao seu notável gênio multifacetado, e à originalidade e profundidade de suas contribuições pioneiras para a ciência” (AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY, 1966, tradução nossa)⁸.

2.1 Formação: da infância à vida acadêmica

Parte da história de vida de Norbert Wiener, relatada a seguir, foi baseada nos livros que escreveu de sua autobiografia, “*Ex-prodigy. My Childhood and Youth*”, publicado em 1950, no qual relata sua infância e juventude e “*I am a Mathematician*”, continuação do anterior, que retrata sua vida acadêmica e seus anos de maturidade, publicado em 1953. Norbert Wiener nasceu em 26 de novembro de 1894, em Columbia, estado de Missouri nos Estados Unidos, filho de Leo Wiener e de Bertha Kahn Wiener. Para compreender mais sobre a formação de Norbert Wiener é importante conhecer, também, um pouco sobre seus pais, sobretudo sobre o seu pai, que teve influência direta na sua educação. Leo Wiener, seu pai, nasceu em 1862. Estudou em um ginásio luterano, em Minsk, no qual aprendeu alemão,

⁷ *To my great pleasure you have accept the invitation to address the meeting on “New Fields” on December 19, which is part of the mathematical session of the Princeton Bi-Centennial on Dec. 17-19. I am the chairman of this meeting, and I would like to solicit your help to make the meeting interesting. Specifically, I think that the meeting would be completely meaningless if you did not give a exposition of your ideas on the subject of “Teleology”.*

⁸ *Dedicated to the memory of Norbert Wiener in recognition of his towering stature in American and world mathematics, his remarkably many-sided genius, and the originality and depth of his pioneering contributions to science.*

russo, que era a língua oficial, francês, italiano e as línguas do culto: grego e latim. Aos 13 anos de idade, mudou-se para Varsóvia, lugar onde aprendeu polonês e, anos mais tarde, estudou medicina. Mudou-se, anos depois, para Berlim para estudar engenharia. Aos dezoito anos de idade imigrou para os Estados Unidos.

Depois de uma sucessão de empregos e viagens, tornou-se professor de línguas modernas na Universidade de Missouri. Em 1893, o professor Leo Wiener casou-se com Bertha Kahn, em Columbia. Um ano depois, nasceu Norbert Wiener. Em 1898 nasceu sua filha Constance e, em 1902, sua filha Bertha. Em 1895, Leo Wiener aceitou um cargo de professor de língua eslava na Universidade de Harvard e, toda a família mudou-se para Cambridge, Massachusetts.

A figura do pai foi determinante na formação de Norbert Wiener. Ambos foram intelectuais dedicados à ciência, não restringindo seus estudos somente ao campo de suas profissões. O pai, linguista e filólogo, desenvolveu estudos em várias áreas do conhecimento, e, assim como ele, Norbert Wiener também.

Em 1901, Norbert Wiener foi matriculado na terceira série de uma escola pública em Cambridge. A preocupação de Leo Wiener com relação à educação de seu filho fez com que ele assumisse a tarefa de educá-lo. Então, tirou-o da escola, pois acreditava que ele precisava de algo mais interessante e desafiador do que a escola lhe propiciava. Sob sua tutela, ensinou línguas, álgebra e outros assuntos que achava relevantes para sua formação. Essa situação perdurou por dois anos e, aos oito, Norbert Wiener retornou à escola, matriculado, na *Ayer High School*, em uma classe com meninos sete anos mais velhos, devido à sua precocidade.

As relações educacionais com o filho foram intempestivas e, as aulas sempre terminavam com Norbert Wiener chorando e correndo para os braços de sua mãe, Bertha. O período entre 1901 e 1903 foi difícil para Norbert Wiener, como ele afirma em sua autobiografia, e, para agravar a situação, foi impedido, pelos médicos, de ler durante seis meses, devido à um problema de miopia. Wiener descreve esse período de estudos em que não podia ler, como: “isso me forçou ser capaz de fazer minha matemática mentalmente e pensar nas línguas como elas são faladas, e não como meros exercícios escritos” (WIENER, 1953, p.76, tradução nossa)⁹.

Seu problema de miopia, sua falta de coordenação motora e de “jeito”, são descritos por ele de uma forma que vale a pena relatar:

⁹ *for it forced me to be able to do my mathematics in my head and to think of languages as they are spoken rather than as mere exercises in writing.*

Destreza muscular não é um assunto completamente muscular nem completamente visual. Ela depende de uma rede que começa no olho, segue para a ação muscular, e o olho continua escaneando os resultados dessa ação muscular. Não é necessário, somente, que o arco muscular e o arco visual sejam perfeitos, mas é igualmente necessário que as relações entre os dois sejam precisas e constantes. Agora, um menino de óculos grossos tem as imagens visuais deslocadas através de um ângulo considerável, devido a um pequeno deslocamento dos óculos em cima do nariz. Isto significa que a relação entre a posição visual e a posição muscular está sujeita a um reajustamento contínuo, e uma correlação absoluta entre ambas não é possível. Outro motivo de minha falta de jeito era psíquico e não físico. Eu ainda não estava socialmente ajustado para o meu ambiente, e fui muitas vezes imprudente, no sentido de que não tinha conhecimento suficiente das consequências exatas das minhas ações. Outro obstáculo psíquico que eu tive que superar foi a impaciência. A impaciência foi, em grande parte, consequência de minha rapidez mental e da minha lentidão física. Queria ver o fim ser alcançado antes que eu pudesse trabalhar através dos estágios manipulativos que me levaram lá. Quando o trabalho científico consiste em manipulação meticulosamente cuidadosa e precisa, a qual é sempre acompanhada de um claro registro de seu progresso, escrito e gráfico, a impaciência é uma desvantagem muito real (WIENER, 1953, p. 127-128, tradução nossa)¹⁰.

Leo Wiener, em muitas oportunidades, referenciava o sucesso da educação de seus filhos como um mérito seu. Em um artigo intitulado "*New ideas in child training*", publicado em 1911, ele escreveu que “é absurdo dizer, e algumas pessoas o fazem, que Norbert, Constance e Bertha são crianças excepcionalmente dotadas. Elas não são nada disso. Se elas sabem mais do que as outras crianças da sua idade é porque elas têm sido educadas de maneira diferente” (WIENER, 1953, p. 158, tradução nossa)¹¹.

A declaração de Norbert Wiener, aos dezoito anos de idade, sobre o artigo de seu pai sobre sua educação, pondera: “meus fracassos são meus próprios, mas meus sucessos foram

¹⁰ *Muscular dexterity is neither a completely muscular nor a completely visual matter. It depends on the whole chain which starts in the eye, goes through to muscular action, and there continues in the scanning of the eye of the results of this muscular action. It is not only necessary for the muscular arc and the visual arc to be perfect, each by itself, but it is equally necessary that the relations between the two be precise and constant. Now a boy wearing thick glasses has the visual images displaced through a considerable angle by a small displacement in the position of the glasses upon the nose. This means that the relation between visual position and muscular position is subject to a continual readjustment, and anything like an absolute correlation between these is not possible ...A further source of my awkwardness was psychic rather than physical. I was socially not yet adjusted to my environment and I was often inconsiderate, largely through an insufficient awareness of the exact consequences of my action ...A further psychic hurdle which I had to overcome was impatience. This impatience was largely the result of a combination of my mental quickness and physical slowness. I would see the end to be accomplished long before I could labor through the manipulative stages that were to bring me there. When scientific work consists in meticulously careful and precise manipulation which is always to be accompanied by a neat record of progress, both written and graphical, impatience is a very real handicap.*

¹¹ *It is nonsense to say, as some people do, that Norbert and Constance and Bertha are unusually gifted children. They are nothing of the sort. If they know more than other children of their age, it is because they have been trained differently.*

de meu pai” (WIENER, 1953, p. 159, tradução nossa)¹². Sua declaração teve um efeito devastador sobre ele, como ele próprio afirma. No decurso de sua vida, nos escritos mais íntimos, há vários relatos dessa relação conflituosa, a qual pode ser compreendida pelas centenas de cartas que escreveu ao longo de sua vida a seu pai, ou pela dedicatória em seu livro “Cibernética e Sociedade”, “à memória de meu pai, Leo Wiener, antigo professor de línguas eslavas na Universidade de Harvard, meu mais íntimo mentor e meu mais querido antagonista” (WIENER, 1954, não paginado).

Parte da infância, Norbert Wiener passou em Cambridge, Massachusetts. Os amigos e vizinhos que frequentavam a casa de seu pai eram pessoas ligadas à ciência, tais como o matemático Maxime Bocher (1867-1918), o químico Otto Foli (1867-1934), o fisiologista Walter Cannon (1871-1945) e outros. Walter Cannon trabalhava na escola de medicina de Harvard; Norbert Wiener lhe dirigia, incansavelmente, suas perguntas a fim de saciar suas curiosidades precoces. O envolvimento de seu pai na sua formação é inquestionável. O pai não media esforços para que seu filho descobrisse coisas interessantes, sendo assim, o levou para conhecer o laboratório de Walter Cannon. O conceito de homeostase¹³ de Cannon contribuiu, mais tarde, para Norbert Wiener compor um dos conceitos-chaves da Cibernética, e o assistente de Cannon, Dr. Arturo Rosenblueth (1900-1970), tornou-se, posteriormente, um dos principais colaboradores, de Wiener.

Leo Wiener tinha uma grande paixão pela agricultura e queria que seus filhos compartilhassem-na; assim, em 1903, mudou-se com a família para uma fazenda, Old Mills, perto de Harvard. O ambiente intelectual não mudou e Wiener esclarece:

Eu aprendi o aspecto matemático da minha Filosofia com o professor E. V. Huntington. Ele era um velho amigo de meu pai e nos visitava quando morávamos em *Old Mill Farm*, na cidade de Harvard. Lembro-me que, naquela época, antes de eu ter completado o ensino médio, Huntington testou-me com um pouco de geometria analítica e mostrou-me a teoria do círculo de nove pontos (WIENER, 1953, p. 167, tradução nossa)¹⁴.

¹² (...) *my failures were my own, but my successes were my father's.*

¹³ Homeostase é a capacidade de um organismo de apresentar uma situação físico-química característica e constante, dentro de determinados limites, mesmo diante de alterações impostas pelo meio ambiente. Para conservar constante as condições de vida, o organismo mobiliza os mais diversos sistemas, como o sistema nervoso central, o endócrino, o excretor, o circulatório, o respiratório etc. Todos os mecanismos vitais, por mais variados que sejam, não têm outro objetivo além da manutenção da estabilidade das condições do meio interno. Em 1929, W. B. Cannon chamou essa estabilidade de homeostase (do grego *homoios* - "o mesmo" e *stasis* - "parada"). Ele não se referia a uma situação estática, mas a algo que varia dentro de limites precisos e ajustados. Esses limites de variação e os mecanismos de regulação constituem boa parte do estudo da Fisiologia.

¹⁴ *I learned the mathematical aspect of my philosophy from professor E. V. Huntington. He was an old friend of my father, and had visited us when we were living in old mill farm in the town of harvard. I remember that at that period, before I had been graduated from high school, Huntington had tried me out with a little analytical geometry, and had shown me the theory of the nine-point circle.*

Como já referimos, aos oito anos, Norbert Wiener foi matriculado no *Ayer High School* e, por causa de sua precocidade, colocado em uma classe com alunos sete anos mais velhos que ele.

Em 1906, com apenas 11 anos de idade, começou o curso universitário no *Tufts College*, em Boston, onde foi estudar Matemática e Biologia. Durante aquele período fez muitos amigos e teve muitos momentos felizes. Graduou-se com mérito em Matemática, em 1909, e no transcorrer desse curso teve aulas com William James (1842-1910). Assim, iniciou suas leituras em filosofia, principalmente, Spinoza e Leibniz. William James foi o filósofo que exerceu grande influência sobre Norbert Wiener. Ele participou das palestras que William James proferiu no Instituto Lowell, em Boston, organização dedicada a promover a filosofia, no período de 1906 a 1907.

Ainda durante 1909, foi cursar Zoologia em Harvard, com o objetivo de fazer doutorado nessa área. Devido aos *déficits* de coordenação motora e visual não se deu bem no curso e, seu pai, após um semestre, resolveu transferi-lo para o curso de Filosofia na Universidade de *Cornell*. Norbert ficou ressentido pela demonstração de autoridade de seu pai, mas concordou e, mais tarde, achou a ideia sensata. Norbert faz uma avaliação de sua transferência da biologia para a filosofia, na qual aborda alguns aspectos da metodologia científica:

Há muitas maneiras de ser um cientista. Toda ciência se origina na observação e na experimentação, e é verdade que ninguém pode ter êxito se não entende os métodos fundamentais de observação e experimentação. Mas não é absolutamente necessário ser um bom observador com os seus próprios olhos, ou um bom experimentador com suas próprias mãos. A observação e a experimentação vão muito além da mera coleta de dados. Estes dados devem ser organizados em uma estrutura lógica, e os experimentos e observações pelos quais foram concebidos que representarão um modo adequado de questionar a natureza. O cientista ideal é, sem dúvida, o homem que pode tanto formular a questão quanto levar avante o questionamento. Não há escassez daqueles que possam realizar com a máxima eficiência um programa desse tipo, mesmo que elas possam não ter a perspicácia para planejá-lo: há mais boas mãos na ciência do que há bons cérebros para dirigi-las. Assim, embora um cientista desajeitado não possa fazer a maior parte do trabalho da ciência, existe outro trabalho para ele na ciência, se ele é um homem de compreensão e bom senso. Não é muito difícil reconhecer um cientista completo, de cuja vocação não há dúvida. É característica de um bom professor reconhecer tanto o homem de laboratório, que pode fazer um trabalho esplêndido, executando as estratégias dos outros, quanto o intelectual manualmente desajeitado, cujas idéias podem ser um guia para ajudar o primeiro. Quando eu era um estudante de pós-graduação em Harvard, meus professores não reconheceram que, apesar de todos os meus

problemas graves, eu poderia ainda dar contribuições à biologia (WIENER, 1953, p. 128-129, tradução nossa)¹⁵.

Em Cornell, estudou com Frank Thilly (1865-1934), um amigo de seu pai que facilitou sua transferência, Walter A. Hammond e Ernest Albee (1865-1934). Infelizmente, não conseguiu produzir um bom trabalho, o que fez com que seu pai o levasse de volta para a Universidade de Harvard. Isso agravou sua insegurança e, em setembro de 1911, retornou a Harvard. Teve aulas com grandes nomes da época, tais como: G. H. Palmer, Josiah Royce (1855-1916), R. B. Perry (1876-1957), George Santayana (1863-1952) e E. V. Huntington (1874-1952).

Iniciou os estudos de doutorado, em Harvard, sob a orientação de Josiah Royce que adoeceu e foi substituído por Karl Schmidt. Com a tese *A comparison of the algebra of relatives of Schroeder and of Whitehead and Russell* obtém o título de Doutor em Filosofia, em 1913, com apenas 19 anos de idade. Ainda nesse ano, publica seu primeiro artigo e decide estudar Filosofia da Matemática sob a orientação de Bertrand Russell (1872-1970), em Cambridge, Inglaterra, cujos estudos foram tema da sua tese de doutorado. Ganha uma bolsa de estudo e vai para a Inglaterra estudar Filosofia da Matemática. Fase de sua emancipação.

2.2 Emancipação

No fim do outono de 1913, Wiener vai para a Universidade de Cambridge, Inglaterra. Ele refere-se a esse período de sua vida como a fase de sua emancipação. Amou a liberdade que encontrou em Cambridge, pois, além de ter sido educado por mentes brilhantes, o Oceano Atlântico agia como uma barreira contra a interferência paterna. Mas, sua emancipação foi

¹⁵ *There are many ways of being a scientist. All science originates in observation and experiment, and it is true that no man can achieve success who does not understand the fundamental methods and mores of observation and experiment. But it is not absolutely necessary to be a good observer with one's own eyes or to be a good experimenter with one's own hands. There is much more to observation and experiment than the mere collection of data. These data must be organized into a logical structure, and the experiments and observations by which they are obtained must be framed that they will represent an adequate way of questioning nature. The ideal scientist is without doubt the man who can both frame the question and carry out the questioning. There is no scarcity of those who can carry out with the utmost efficiency a program of this sort, even though they may lack the perspicacity to frame it: there are more good hands in science than there are good brains to direct them. Thus, although the clumsy, careless scientist is not the type to do the greater part of the work of science, there is other work for him in science if he is a man of understanding and good judgment. It is not very difficult to recognize the all-round scientist of whose calling there is no doubt. It is the mark of the good teacher to recognize both the laboratory man who may do splendid work carrying out the strategies of others, and the manually clumsy intellectual whose ideas may be a guide and help to the former. When I was a graduate student at Harvard, my teachers did not recognize that despite all my grievous faults, I might still have a contribution to make to biology.*

conquistada graças à interferência de seu pai. Na biografia de Russell tem uma carta escrita por Leo Wiener e endereçada a ele, a qual é reproduzida na íntegra por Masani e relatada a seguir:

Meu filho, Norbert Wiener, nesta semana receberá o grau de Ph.D na Universidade de Harvard, sua tese é “Um Estudo Comparativo da Álgebra de Relativos de Schroeder e daquela Whitehead e Russell”. Ele pretende, no próximo ano, ter o privilégio de ser seu aluno no segundo semestre. Como ele ganhou uma bolsa, ele é obrigado passar o ano todo na Europa, e sendo assim ele pretende aproveitar essa vantagem e estudar com você no Trinity durante o primeiro semestre do ano letivo. Ele pretendia escrever para você sobre esse assunto, mas ele é bastante jovem, tem somente 18 anos de idade, e sua consequente inexperiência sobre o que pode ser importante ele aprender em sua estada na Europa leva-me a escrever-lhe, por ele, e pedir-lhe conselhos. Norbert formou-se na faculdade, recebendo seu A.B., com quatorze anos de idade, não devido a um desenvolvimento prematuro ou precocidade incomum, mas principalmente, resultado de um cuidadoso treinamento em casa, isento de coisas inúteis, que eu estou aplicando para todos os meus filhos. Ele é fisicamente forte (pesa 170lbs.), perfeitamente equilibrado moralmente e mentalmente, e não mostra traços associados à precocidade. Digo tudo isso para que você não pense que lidará com um menino excepcional ou esquisito, mas com um estudante normal, cujas energias têm sido mal aproveitadas. Além da educação clássica ampla e liberal, a qual inclui grego, latim e línguas modernas, teve um completo curso de ciências e na matemática tem estudado Cálculo Diferencial e Integral, Equações Diferenciais, a Teoria de Equações de Galois e alguns ramos da Álgebra Moderna (sob orientação Prof. Huntington). Em filosofia tem estudado nas Universidades de Harvard e Cornell com os professores Royce, Perry, Palmer, Munsterberg, Schmidt, etc. Sua preferência é Lógica Moderna e ele pretende, durante a sua permanência de um ou dois anos na Europa, ser beneficiado por aqueles que tem realizado trabalhos de destaque nessa direção. Será que é possível ele estudar com você, ou ser orientado por você, se ele chegar a Cambridge em setembro ou início de outubro? O que ele deve fazer a fim de desfrutar desse privilégio? Tenho o manual do estudante de Cambridge para 1908, mas sou incapaz de determinar a partir dele que quaisquer previsões sejam feitas para estudantes de pós-graduação que queiram obter assim tal instrução especial ou orientação. Nem sou capaz de encontrar algo sobre a sua residência aí, se ele teria que se matricular no Trinity College ou se poderia residir na cidade. Isso é um ponto importante para ele, pois ele está ansioso, tanto quanto possível, para viver com seu bem pequeno estipêndio. Eu serei extremamente grato a você por alguma informação que venha facilitar sua presença em um mundo totalmente estranho para ele. Por qualquer coisa que possa fazer por meu filho. Terei grande prazer em agradecer-lhes pessoalmente, pela consideração para com o meu filho, quando vier, no próximo ano, a nossa Cambridge Americana ministrar palestras no Departamento de Filosofia (MASANI, 1990, p. 45-46, tradução nossa)¹⁶.

¹⁶ *My son, Norbert Wiener, will this week receive his degree of Ph.D. at Harvard University, his thesis being "A Comparative Study of the Algebra of Relatives of Schroeder and that of Whitehead and Russell." He had expected to be here next year and have the privilege of being your student in the second semester, but as he has received a travelling fellowship, he is obliged to pass the whole of the year in Europe, and so he wishes to enjoy the advantage of studying under you at Trinity during the first half of the academic year. He intended to write to you about this matter, but his great youth, -he is only eighteen years old and his consequent inexperience with what might be essential for him to know in his European sojourn, leads me to do this service for him and ask your advice. Norbert graduated from College, receiving his A.B., at age of fourteen, not as the result of premature development or of unusual precocity, but chiefly as the result of careful home training, free from useless waste, which I am applying to all of my rrchildren. He is physically strong (weighing 170 lbs.), perfectly balanced morally and mentally, and shows no traits generally associated with early precocity. I mention all this to you that you may not assume that you are to deal with an exceptional or freakish boy, but with a normal*

Em julho de 1913, Wiener escreveu uma carta para Perry¹⁷ na qual expunha seus planos para o próximo ano e pedia sua aprovação. Nessa carta, também comunicava que recebera correspondência de Russell, em resposta à carta que seu pai havia escrito a ele, e comentava suas sugestões:

(...) Além disso, como posso ver, não há outro lugar na Europa onde eu possa passar um termo inteiro em lógica simbólica. De acordo com o Prof. Huntington, Whitehead é um homem ocupadíssimo, e não disponível para consultas mais prolongadas. Couturat, quase desistiu da Lógica Simbólica para o Esperanto. Frege, se vivo, provavelmente é inacessível. (...) Sendo assim, parece-me que o melhor plano, pelo menos no presente, é tornar-me um aluno avançado em Cambridge, pelo menos até Russell se afaste, e passar minhas férias em encontros com os lógicos simbólicos do continente. Espero que este plano vá de encontro às suas expectativas e a do departamento (WIENER, 1913, tradução nossa)¹⁸.

Assim, concretiza seus planos e vai para Cambridge, Inglaterra, estudar lógica e filosofia com Bertrand Russell. Participou de cursos ministrados por matemáticos como H. F. Baker (1866-1956), James Mercer (1833-1932), J. E. Littlewood (1885-1977) e G. H. Hardy (1877-1947) e, apesar de sua formação limitada em matemática, ele conseguiu absorver o conteúdo dado nas aulas e os complementava com estudos filosóficos. Além de Russell, estudou filosofia com G. E. Moore (1873-1958) e J. M. E. MacTaggart (1866-1925). O apoio,

student whose energies have not been mis-directed. Outside of a broad and liberal classical education, which includes Greek, Latin, and the modern languages, he has had a thorough course in the sciences, and in Mathematics has studied the Differential and integral Calculus, Differential Equation, the Galois Theory of Equations, and some branches of Modern Algebra (under Prof. Huntington). In philosophy he has pursued studies under Professors Royce, Perry, Palmer, Munsterberg, Schmidt, Holt, etc., at Harvard and Cornell Universities. His predilection is entirely for Modern Logic, and he wishes during his one or two years' stay in Europe to be benefited from those who have done distinguished work in that direction. Will he be able to study under you, or be directed by you, if he comes to Cambridge in September or early October? What should he do in order to enjoy that privilege? I have before me The Student's Handbook to Cambridge for 1908, but I am unable to ascertain from it that any provisions are made for graduate students wishing to obtain such special instruction or advice. Nor am I able to find out anything about his residence there, whether he would have to matriculate in Trinity College or could take rooms in the city. This is rather an important point to him as he is anxious, as far as possible, to get along on his rather small stipend. For any such information, which would smooth his first appearance in a rather strange world to him I shall be extremely obliged to you. I shall take great pleasure to thank you in person for any kindness that thus may be shown to my son, when, next year, you come to our American Cambridge to deliver lectures in the Department of Philosophy.

¹⁷ Ralph Barton Perry (1876-1957) foi educador, filósofo e líder da Escola Filosófica Pragmática na América.

¹⁸ *Moreover, as far as I can see, there is no other place in Europe where I could profitably spend a full term in symbolic logic. According to Prof. Huntington, Whitehead is a terrifically busy man, and not available for prolonged consultation. Couturat has almost given up symbolic logic for Esperanto. Frege, if alive, is probably inaccessible. (...) Since things stand this way, it seems to me that the best plan, at least for the present, is for me to become an advanced student at Cambridge, at any rate until Russell leaves, and to spend my vacations in meeting the symbolic logicians of the continent. I hope that this plan will meet with your approval and that of the department.*

o incentivo e o que aprendeu com Hardy contribuiu para que o jovem Norbert se tornasse um famoso matemático e, desse relacionamento entre ambos, resultou uma calorosa amizade.

Hardy foi, sem dúvida, um dos matemáticos mais influentes na vida de Wiener, que afirma “em todos os meus anos ouvindo palestras em matemática, eu nunca ouvi uma igual às de Hardy, seja pela clareza, por seu interesse, ou por seu poder intelectual. Se eu tivesse que eleger um mestre na minha formação matemática, este homem seria G. Hardy” (WIENER, 1953, p. 190, tradução nossa)¹⁹. Foi por meio dele que Wiener (1966) tomou conhecimento da integral de Lebesgue, que o levou às principais realizações do início de sua carreira.

Hardy foi um grande incentivador de jovens matemáticos como Wiener, o indiano Ramanujan e outros. Com seu apoio, Wiener tornou-se mais conhecido pelos seus estudos realizados sobre o Teorema Tauberian do que pelo seu trabalho, mais inovador, o movimento Browniano, realizado anteriormente.

Wiener conhecia Hardy mais que qualquer outro matemático americano e, quando Hardy faleceu em 1947, foi convidado para escrever seu obituário no boletim da *American Mathematical Society*. Com Russell seu relacionamento era mais formal e, os dois cursos que teve com Russell e, mais as palestras que assistiu, superaram suas expectativas. Redescobriu a importância filosófica da teoria dos tipos de Russell e isso mudou toda sua perspectiva, afetando, não só, os seus primeiros trabalhos em matemática e Filosofia, mas as ideias que posteriormente desenvolveria, em computação e comunicação.

Em 1913, Bertrand Russell tinha acabado de publicar o terceiro volume da sua monumental obra, “*Principia Mathematica*”, em colaboração com seu professor, Alfred North Whitehead (1861-1947). A ideia fundamental dessa obra é que todas as verdades matemáticas podem ser reduzidas a verdades lógicas. É difícil dimensionar as mudanças provocadas por esse trabalho, mas, popularizou a lógica matemática moderna e abriu novas áreas de pesquisa em disciplinas como computação, matemática, filosofia, economia e outras.

A primeira metade do século XX,

[...] foi marcada pelo Principia Mathematica, o Tractatus e os escritos do Círculo de Viena. Nem todos os cientistas dessa época tinham lido essas obras, mas, todos podiam respirar o ar limpo que veio delas, e todos estavam conscientes da imponente presença de Einstein e sua tradicional prática da grande tradição de misturar profunda intuição física com a matemática abstrusa, a fim de garantir

¹⁹ *In all my years of listening to lectures in mathematics, I have never heard the equal of Hardy for clarity, for interest, or for intellectual power. If I am to claim any man as my master in my mathematical training, it must be G.H. Hardy.*

hipóteses muito poderosas no nível empírico (MASANI, 1990, p. 54-55, tradução nossa)²⁰.

Grande parte do trabalho de Wiener envolveu questões que foram articuladas seguindo esses padrões, onde a lógica o aproximou para mais perto da realidade do que as representações práticas empregadas pelos físicos. O tom filosófico da época e os trabalhos de vários físicos e matemáticos de renome quebraram a barreira entre a matemática pura e a matemática aplicada. O que o físico francês J. Perrin (1870-1942) escreveu, no verão de 1913, soou como música aos ouvidos de Wiener:

Aqueles que ouvem sobre curvas sem tangentes ou sobre funções sem derivadas, muitas vezes pensam, primeiramente, que a natureza não apresenta tais complicações, nem mesmo as sugere. O contrário, no entanto, é verdade e a lógica dos matemáticos os manteve mais perto da realidade do que as representações práticas empregadas pelos físicos (MASANI, 1990, p. 79, tradução nossa)²¹.

Wiener assistiu a dois cursos de Russell. Um deles envolvendo sua concepção acerca dos dados dos sentidos e o outro sobre o "*Principia Mathematica*". Como ele mesmo expõe em:

No primeiro curso eu não fui capaz de aceitar seus pontos de vista sobre a "natureza última de dados [aférentes] dos sentidos" como a matéria-prima para a experiência. Eu sempre considerei "dados [aférentes] dos sentidos" como constructos, constructos negativos, na verdade, num sentido diametralmente oposto ao das ideias platônicas, mas, igualmente, constructos que se distanciam das experiências sensoriais brutas. Independentemente da nossa divergência quanto a este assunto específico, eu achei o curso extremamente estimulante. Em particular, fui introduzido à relatividade de Einstein e à nova ênfase no observador, que já tinha revolucionado a física nas mãos de Einstein e que a revolucionaria ainda mais nas mãos de Heisenberg, Bohr e Schrödinger (WIENER, 1953, p. 191, grifo nosso, tradução nossa)²².

²⁰ [...] was marked by the *Principia Mathematica*, the *Tractatus* and the writings of the Vienna Circle. Not all the scientists of this period had read these works, but all could breathe the clean air that came from them, and all were aware of the towering presence of Albert Einstein and of his practice of the great tradition of blending deep physical intuition with abstruse mathematics to secure very powerful hypotheses at the empirical level.

²¹ Those who hear of curves without tangents or of functions without derivatives often think at first that Nature presents no such complications nor even suggests them. The contrary, however, is true and the logic of the mathematicians has kept them nearer to reality than the practical representations employed by physicists.

²² In the first course I could not find myself able to accept his views on the ultimate nature of sense data as the raw material for experience. I have always considered sense data as constructs, negative constructs, indeed, in a direction diametrically opposite to that of the Platonic ideas, but equally constructs that are far removed from unworked-on raw sense experience. Apart from our disagreement on this particular matter, I found the course new and tremendously stimulating. In particular, I found myself introduced to Einstein's relativity, and to the new emphasis on the observer which had already revolutionized physics in Einstein's hands and which was to revolutionize it even more completely in the hands of Heisenberg, Bohr and Schrödinger.

Russell e Wiener compartilhavam de muitas ideias, embora:

[...] houvesse muitos pontos de desacordo e até mesmo de atrito, beneficiei-me enormemente com eles. Sua apresentação do *Principia* foi deliciosamente clara; nossa pequena classe foi capaz de tirar o máximo proveito dela. Suas preleções gerais sobre filosofia também eram obras-primas de seu repertório. Além de sua consciência da importância de Einstein, Russell também viu o significado presente e futuro da teoria do elétron, e apressou-me em estudá-la, apesar de ter sido muito difícil para mim, naquele tempo, tendo em vista a minha preparação inadequada em física. Não me lembro, no entanto, de ele ter sido tão explícito e preciso em sua avaliação da importância da teoria quântica. É preciso lembrar que o trabalho de Niels Bohr, que marcou época, era muito novo naquele tempo, e em sua forma original não se prestava a uma interpretação filosófica. Foi somente uns doze anos mais tarde, em 1925, as correntes conflitantes despertadas pelo trabalho anterior de Bohr começaram a ser resolvidas e as ideias de Broglie, Born, Heisenberg, Schrödinger mostraram que a teoria quântica marcaria uma grande revolução nos pressupostos filosóficos da física, semelhante ao que ocorrera com o trabalho de Einstein (WIENER, 1953, p. 193-194, tradução nossa)²³.

Além da sugestão citada acima, Russell também sugeriu a Wiener que não restringisse seus estudos somente aos fundamentos matemáticos, mas que perscrutasse as fronteiras da física teórica. Essa sugestão fez com que Wiener se aproximasse de G. H. Hardy, tomasse conhecimento da teoria atômica de Niels Bohr (1885-1962), da mecânica estatística de J. W. Gibbs²⁴, além de colocá-lo em contato com os estudos de Einstein-Smoluchowski sobre o movimento Browniano.

Cabe, aqui, ressaltar que no início do século XX, o mundo estava prestes a adentrar em um período no qual os cientistas estariam à deriva em um universo desconcertante de partículas e antipartículas. A ciência estava migrando da macrofísica, onde os objetos podiam ser vistos, medidos e quantificados, para onde a realidade era imaginada. O mundo estava entrando na era quântica.

²³ [...] *there were many points of disagreement and even of friction, I benefited enormously by them. His presentation of the Principia was delightfully clear; and our small class was able to get the most out of it. His general lectures on philosophy were also masterpieces of their kind. Besides his consciousness of Einstein's importance, Russell also saw the present and future significance of electron theory, and he urged me to study it, even though it was very difficult for me at that time, in view of my inadequate preparation in physics. I do not recall, however, that he was quite as explicit and accurate in his valuation of the coming importance of quantum theory. It must be remembered that the epoch-making work of Niels Bohr was very new at the time, and that in its original form, it did not lend itself particularly to a philosophical interpretation. It was only some twelve years later, in 1925, that the conflicting currents aroused by the earlier work by Bohr began to be resolved and that the ideas of the Broglie, Born, Heisenberg, and Schrödinger showed that quantum theory was to mark as great a revolution in the philosophical presuppositions of the physics as had the work of Einstein.*

²⁴ Josiah Willard Gibbs (1839-1903) foi um cientista americano que realizou importantes contribuições teóricas na física, química e matemática.

Durante o segundo semestre de sua estada, Russel e Whitehead deixaram Cambridge, e Wiener, seguindo o conselho de Russell, partiu para estudar em Göttingen. Antes de sua partida, terminou dois artigos, um deles intitulado “*The highest good*”, com o qual ganhou o prêmio Bowdoin de Harvard e o outro “*Relativism*”. Várias ideias que aparecem no seu trabalho *Cybernetics*, publicado em 1948, encontram-se em forma latente nessas duas publicações. Wiener discute no artigo, *Relativism*, os abismos intransponíveis que Bergson estabelece com relação à duração do tempo e, depois de 20 anos, retoma o assunto no seu livro *Cibernética*, no qual escreveu um capítulo sobre o tempo, intitulado “Tempo Newtoniano e Bergsoniano”. Nesse capítulo fala do sistema newtoniano, em que o tempo é perfeitamente reversível, e do tempo bergsoniano, cuja característica é a irreversibilidade, vivido pelo autômato moderno, como os organismos vivos (WIENER, 1961).

Outro pensamento presente nesses artigos e que reaparece na Teoria Cibernética, muito tempo depois, são as máquinas de aprender. Todas as máquinas de aprendizagem são dependentes de feedback com o meio ambiente, e, para melhorar o seu desempenho futuro, deve-se usar o registro de seus desempenhos anteriores, em suma, deve-se aprender com a experiência, sendo que o mesmo acontece com o ser vivo, que deve crescer com suas realizações (WIENER, 1961).

Em Göttingen assistiu a palestras de matemáticos como Hilbert (1862-1943) e Edmund Landau²⁵ e de filosofia com Edmund Husserl (1859-1938). Assistiu a um curso sobre Teoria dos Grupos dado pelo Professor Landau, e outro sobre equações diferenciais, dado pelo grande matemático Hilbert. “Hilbert foi um dos gênios universais da matemática”, afirma Wiener, e “suas excursões da Teoria dos Números para a Álgebra e das equações integrais aos fundamentos da matemática cobriram a maior parte da matemática conhecida” (WIENER, 1953, p. 209, tradução nossa)²⁶. Com respeito à filosofia, fez um curso com Husserl sobre Kant e outro sobre fenomenologia, que o deixou muito impressionado.

Os trabalhos de Hilbert acarretaram influência marcante nas produções científicas de Wiener e, além disso, para Wiener, “ele representou a grande tradição na matemática do início do século. Para mim, como um jovem, ele tornou-se o tipo de matemático que eu teria gostado de tornar-me, combinando um tremendo poder abstrato com um senso da realidade física

²⁵ Edmund Georg Hermann Landau (1877-1938) foi um matemático alemão que trabalhou nos campos da teoria dos números e análise complexa.

²⁶ *Hilbert was the one really universal genius of mathematics (...). His excursions from number theory to algebra and from integral equations to the foundations of mathematics covered the greater part of known mathematics.*

(WIENER, 1966, p. 25, tradução nossa)²⁷. Russell o havia alertado da importância de entender as abordagens dos problemas físicos e esse alerta foi reforçado pela atmosfera científica que encontrou em Göttingen.

A descrição de Göttingen por Bronowski (1973), é a mesma para Wiener, ela é uma cidade semelhante à Cambridge na Inglaterra. Provinciana e afastada das rotas para qualquer outro lugar, sendo assim, ninguém se dirigia a essa cidade a não ser para desfrutar da companhia de professores. A ligação entre ela e o mundo exterior era feita através de estrada de ferro. Por essa via chegavam os visitantes de outras cidades, ansiosos por trocar ideias sobre as questões científicas atuais. Em Göttingen, costuma-se dizer que, a ciência ganhava vida no trem para Berlim, uma vez que lá era onde as pessoas argumentavam e tinham novas ideias.

Durante sua permanência em Göttingen escreveu um artigo sobre lógica. Para Wiener (1953), esse estudo, intitulado “*Studies in Synthetic Logic*”, foi uma das melhores pesquisas que ele até então realizara. Apareceu, mais tarde, nos *Proceedings of the Cambridge Philosophical Society*, e serviu de base para as preleções docentes que proferiu em Harvard. Seu interesse em matemática aumentou e os cursos que fez com Hilbert e Landau foram fundamentais para os seus futuros trabalhos. Adorou a vida social de Göttingen e entre seus companheiros de cerveja estavam Otto Szasz²⁸ e Felix Bernstein²⁹.

Na Alemanha, o Museu Deutsches, em Munique, era a sua principal fonte de alegria. Lá, dedicava-se à leitura assídua de vários trabalhos que Russell lhe havia sugerido, e entre eles, o artigo original de Einstein (1879-1955), escrito em 1905, que deu origem à teoria da relatividade, resolvendo o problema do movimento Browniano, sendo que a extensão de tal trabalho foi desenvolver uma teoria muito simples para explicar o efeito fotoelétrico. Este pode ser explicado a partir da hipótese de que a luz consiste de fótons discretos, ou seja, átomos de energia. Wiener comenta que Russell foi um dos primeiros filósofos a reconhecer a importância do trabalho de Einstein.

Em agosto de 1914, retornou aos Estados Unidos de férias. Sua bolsa de estudo havia sido prorrogada até 1915, assim, ele voltou a Cambridge, Inglaterra, encontrando-a imersa em um clima de melancolia, em decorrência da Primeira Guerra Mundial. Devido à guerra,

²⁷ *He represented the grand tradition in the mathematics of the beginning of the century. For me as a young man he became the sort of mathematician whom I would have liked to become, combining tremendous abstract power with a down-to-earth sense of physical reality.*

²⁸ Otto Szasz (1884-1952) matemático húngaro que trabalhou com série de Fourier.

²⁹ Felix Bernstein (1878-1956) matemático alemão que ficou conhecido pelo desenvolvimento de um teorema de equivalência de conjuntos.

retornou aos Estados Unidos e resolveu terminar sua bolsa na Universidade de Columbia, Nova York e, seguindo uma vez mais o conselho de Russell, foi estudar com John Dewey³⁰.

Nós vamos encontrar as reflexões sociológicas e filosóficas de Dewey nas palavras de Wiener quando ele discute com o líder trabalhista Walter Reuther assuntos tais como automação industrial e desafios educacionais. Durante esse período, aproveitou para preparar palestras que estava planejando dar no ano seguinte, em Harvard. No decurso dessas palestras sua atenção foi voltada para um ramo da matemática *Analysis Situs*, hoje chamada de Topologia, cujos primeiros estudos tinham sido feitos por Euler (1707-1783) e Poincaré (1854-1912).

Os manuscritos de Wiener sobre esse assunto não resultaram em nenhuma contribuição significativa, na época, e esse assunto foi retomado por Alexander³¹ e Veblen³² (1880-1960), que, em 1920, estabeleceram em Princeton um dos principais centros de investigação em topologia. Wiener descreve topologia combinatória para o leitor leigo dizendo:

[...] aquele estranho ramo da matemática que lida com nós e outras formas geométricas, cujas relações fundamentais não são alteradas mesmo por um completo amassamento do espaço, desde que nada seja cortado e dois pontos remotos do espaço não sejam unidos. Topologia inclui o estudo de coisas como a familiar faixa com um só lado de Moebis, que se obtém quando se toma uma tira plana, longa, gira-se um dos seus lados de metade de uma revolução e colam-se as extremidades. Pode-se parecer um excelente truque de mágica se você perguntar para um leigo o que vai acontecer com tal faixa caso cortada ao meio até as extremidades do corte se encontram. Se fizer isso, irá descobrir que, mesmo após o corte estar completo a tira continua um só pedaço, mas, ao cortá-la fará uma volta completa, em vez de metade de uma volta (WIENER, 1966, p. 26-27, tradução nossa)³³.

Wiener foi nomeado professor assistente do departamento de Filosofia da Universidade de Harvard, no outono de 1915. De 1915 a 1916, além de ensinar filosofia,

³⁰ John Dewey (1859-1952) é o nome mais célebre da corrente filosófica que ficou conhecida como pragmatismo, embora ele preferisse o nome instrumentalismo - uma vez que, para essa escola de pensamento, as ideias só têm importância desde que sirvam de instrumento para a resolução de problemas reais.

³¹ James Waddell Alexander (1888-1971), topologista, estudou matemática em Princeton e foi aluno de Veblen.

³² Oswald Veblen (1880-1960) foi um matemático americano, geômetra e topologista, cujo trabalho encontrou aplicação na física atômica e na teoria da relatividade.

³³ (...) *that strange branch of mathematics dealing with knots and other geometric shapes whose fundamental relations are not changed even by a thorough kneading of space so long as nothing is cut and no two remote points of space are joined. Topology includes the study of such things as the familiar one-sided Mobius's sheet of paper, which you get when you take a long, flat strip, rotate one end of it through half a revolution and glue the ends. It makes an excellent parlor trick to ask a layman what will happen to such a strip if you start cutting it down the middle until the ends of the cut meet. If you try this, you will find that even after the cut is complete the strip will remain in one piece but will now make a full revolution instead of half a revolution as you proceed around it.*

lecionou lógica da matemática, baseado em sua pesquisa, a qual foi publicada em 1921, intitulada “*A new theory of measurement: A study in the logic of mathematics*”. Em tal estudo, Wiener teve que modificar e estender a teoria de medição de Russell e Whitehead presentes no “*Principia Mathematica*”, terceiro volume. A opinião de Russell para a *London Mathematical Society* sobre esse trabalho de Wiener tem o seguinte teor:

Este é um artigo de considerável importância, uma vez que estabelece um método completamente válido para medir numericamente vários tipos de quantidade que, até então, não têm sido passíveis de medição, com excessão de métodos inconsistentes. Embora os princípios do Dr. Wiener possam ser aplicados (como ele mostra, mais tarde, em seu artigo) a quantidades de qualquer espécie, a sua importância é destacada pela medição de coisas tais como intensidade, as quais não podem aumentar indefinidamente. Muito trabalho experimental em psicologia, especialmente aqueles que utilizam a lei de Weber, tem sido feito levando em conta a intensidade e as suas diferenças, mas devido à falta de conceitos matemáticos necessários os resultados são, muitas vezes, vagos e duvidosos. Até onde eu sei, o Dr. Wiener é o primeiro a considerar, com o aparato necessário da lógica matemática, a possibilidade de obter medidas numéricas de tais quantidades. Sua solução para o problema é, de acordo com o meu ponto de vista, completa e totalmente satisfatória. Seu trabalho é altamente qualificado, tanto tecnicamente como, em geral, apresenta uma compreensão do problema; e é imprescindível que ele seja publicado (GRATTAN-GUINNESS, 1975 apud MASANI, 1990, p. 64, tradução nossa)³⁴.

A Filosofia da Geometria é outro tema abordado, em suas palestras, cujos estudos aparecem em “*The relation of space and geometry to experience*”, impresso em 1922. Em decorrência da Primeira Guerra Mundial e do seu patriotismo resolveu entrar para o exército e, em 1916, alistou-se no Regimento de Harvard e foi para Plattsburg, New York, treinar com *Reserve Officers' Training Corps* (ROTC).

Devido às suas limitações físicas, seu pedido para servir nesse regimento foi negado, para sua decepção. Essa negação é retratada em carta, cujo teor “o *Department Commander* deseja expressar o seu apreço pelo seu desejo de servir o nosso país na presente emergência, mas lamenta que circunstâncias impeçam a aceitação de sua oferta” (ADJUTANT, 1971,

³⁴ *This is a paper of very considerable importance, since it establishes a completely valid method for the numerical measurement of various kinds of quantity which have hitherto not been amenable to measurement except by very faulty methods. Although Dr. Wiener's principles can be applied (as he shows in the later portions of his paper) to quantities of any kind, their chief importance is in respect of such things as intensities, which cannot be increased indefinitely. Much experimental work in psychology, especially in connection with Weber's Law, has been done with regard to intensities and their differences, but owing to lack of the required mathematical conceptions its results have often been needlessly vague and doubtful. So far as I am aware, Dr. Wiener is the first to consider, with the necessary apparatus of mathematical logic, the possibility of obtaining numerical measures of such quantities. His solution of the problem is, as far as I can see, complete and entirely satisfactory. His work displays abilities of high order, both technically and in general grasp of the problem; and I consider it in the highest degree desirable that it should be printed.*

tradução nossa)³⁵. Não foi possível para Wiener mostrar qualquer aptidão militar, falhou em todos os exames físicos que fez. Por exemplo, “mesmo para um exame de equitação no arsenal do estado eu estava totalmente despreparado para isso e, caí de um velho pangaré ...” (WIENER, 1953, p. 244, tradução nossa)³⁶.

Suas funções em Harvard, no departamento de Filosofia, eram temporárias e, em decorrência dessa situação, aceitou a proposta da Universidade de Maine, em Orono, para trabalhar como instrutor de matemática. Sendo assim, no período entre 1916 e 1917 trabalhou nessa Universidade.

Com a entrada dos Estados Unidos no conflito da Primeira Guerra Mundial, em 1917, Wiener retornou de Orono no final do ano letivo e, devido à impossibilidade de alistar-se nas forças armadas, resolveu procurar um trabalho no qual poderia contribuir para solucionar os problemas relacionados ao esforço de guerra. Assim, vai trabalhar na fábrica da General Electric, em Lynn, Massachusetts.

2.3 Primeira Guerra Mundial

“Eu naturalmente tive uma recepção calorosa” (WIENER, 1953, p. 247, tradução nossa)³⁷, na fábrica da general Eletric em Lynn, afirma Wiener, pois um dos engenheiros era amigo de meu pai e o outro tinha sido um dos instrutores do meu curso de física em Harvard. Ele assumiu a responsabilidade de permanecer lá por dois anos e começou trabalhando no departamento de turbina, fazendo alguns testes de combustão, e usou a matemática para modelar e resolver alguns problemas relativos à termodinâmica.

Logo após seu trabalho na General Eletric, trabalhou como escritor para a *Encyclopedia Americana*, em Albany, New York, entre 1917-1918. Escreveu muitos artigos sobre filosofia, matemática e linguística. Wiener relata sua experiência, nessa área, afirmando ter sido “um maravilhoso treinamento para mim. Eu aprendi a escrever rapidamente, acuradamente, e com o mínimo de esforço sobre qualquer assunto que eu tivesse um módico conhecimento” (WIENER, 1953, p. 251, tradução nossa)³⁸.

³⁵ *The Department Commander desires to express his appreciation of your desire to serve our country in the present emergency, but regrets that circumstances prevent the acceptance of your offer.*

³⁶ (...) *in an examination on horseback riding at the state armory, I came totally unprepared for this, and I fell off an old nag which was as steady as a gymnasium horse.*

³⁷ *I naturally met with a more favorable reception.*

³⁸ *It was a wonderful training for me. I learned to write quickly, accurately, and with a minimum of effort, on any subject of which I had a modicum of knowledge.*

Wiener, em uma das cartas endereçada a seu pai, enumera alguns artigos que escreveu para a Enciclopédia, como o "*Aesthetics*" publicado em 1917, e finaliza-a com suas considerações, evidenciando sua fina sensibilidade matemática, “ou seja, no momento em que eu estiver aqui há seis semanas terei cerca de vinte ou trinta mil palavras publicadas, sem levar em conta o artigo que eu estou enviando para Constance mostrar para o Dr. Green” (WIENER, 1917, tradução nossa)³⁹.

Em 5 de julho de 1918, recebeu uma carta de Oswald Veblen, da nova *Proving Ground* em *Aberdeen*, Maryland, convidando-o para trabalhar no departamento de balística como um civil. Sua reação foi imediata, “eu tomei trem seguinte para Nova York, onde desci e tomei outro para Aberdeen” (WIENER, 1953, p. 254, tradução nossa)⁴⁰. A construção do *Aberdeen Proving Ground* constituiu uma época importante para a história da ciência e para a carreira de muitos cientistas que lá trabalharam. Para Wiener, a Primeira Guerra envolveu:

A guerra com a Alemanha envolveu o projeto de muitos novos tipos de artilharia e de munições. Para cada tipo de artilharia, e cada tipo de munição usada, era necessária a construção de uma nova tabela de alcance, e colocá-las nas mãos dos homens no campo. Essas tabelas de alcance consistiam em listas dos alcances esperados da arma e da munição para cada ângulo de elevação, juntamente com as correções para ângulo dos munhões, mudança unitária no ângulo de elevação para excessounitario de carga de pólvora ou peso da munição, para o vento, para a pressão do ar acima, e assim por diante. As tabelas também continham estimativas dos erros prováveis de todos os dados primários (WIENER, 1953, p. 255, tradução nossa)⁴¹.

Wiener ajudou no cálculo da geração dessas tabelas e na construção de novas armas que estavam sendo projetadas, e afirma: “foi um período de transição em que todos os exércitos do mundo estavam trocando as velhas tecnologias balísticas grosseiras pela solução ponto a ponto de equações diferenciais” (WIENER, 1953, p. 256, tradução nossa)⁴². Logo nos primeiros dias de Aberdeen, Wiener encontrou-se com Hubert Bray, ele o conhecia do *Tufts College*, Phillip Franklin seu colega do MIT, que mais tarde se tornaria seu cunhado e com

³⁹ That is, by the time I shall have been here six weeks I shall have about twenty or thirty thousand words published, this leaves out of account the article I am sending to Constance to show to Dr. Green.

⁴⁰ I took the next train to New York, where I changed for Aberdeen.

⁴¹ The war with Germany involved the design of many new types of artillery and of ammunition. For each type of artillery, and each type of ammunition used in it, it was necessary to construct a complete new range table, and to put it in the hands of the men in the field. These range tables consisted of lists of the ranges to be expected from the gun and the ammunition for each angle of elevation, together with corrections for tilt of the trunnions, unit change in the angle of elevation, for unit excess of powder charge or ammunition weight, for wind, for air pressure aloft, and so on. The tables also contained estimates of the probable errors of all the primary data.

⁴² It was a period in which all the armies of the world were making the transition between the rough old formal ballistics to the point-by-point solution of differential equations (...).

quem dividia seu alojamento, Gill do College da cidade de Nova York e Widder do departamento de matemática de Harvard.

Durante esse período de sua vida, Franklin e Gill eram seus amigos mais próximos e quando não estavam trabalhando na barulhenta máquina de computação manual, estavam jogando bridge, juntos, e usavam as mesmas máquinas de computação para registrarem suas pontuações. Porém, complementa Wiener:

O que quer que fizéssemos, nós sempre conversávamos sobre matemática. Grande parte da nossa conversa não levou a nenhuma investigação de imediato. Lembro-me de algumas ideias semi-prontas sobre a geometria de Pfaffians, pela qual eu me interessara por meio de Gabriel Marcus Green, de Harvard. Não me lembro de todos os outros assuntos que discutimos, mas estou certo de que esta oportunidade de conviver, por um período prolongado, com a matemática e matemáticos, muito contribuiu para a devoção de todos nós para a nossa ciência (WIENER, 1953, p. 258, tradução nossa)⁴³.

Nas muitas viagens que Wiener fez para sua casa, durante esse período, encontrou com Green que estava enamorado de sua irmã, Constance. Constance havia acabado de se formar em matemática. Em uma dessas viagens falou do plano que tinha em mente para seus pais, o qual consistia: “em usar meu contato com a Proving Ground como um meio para me alistar ou ser convocado pelo exército para o serviço limitado” (WIENER, 1953, p. 259, tradução nossa)⁴⁴.

Depois de várias tentativas em vão, finalmente, em outubro de 1918, com a ajuda do major Veblen, Wiener conseguiu ser convocado pelo exército. Executou várias tarefas durante a guerra, inclusive, no campo de batalha, coletando dados. A influenza e a pneumonia mataram mais soldados e marinheiros americanos durante a guerra do que as armas inimigas e, no fim da guerra, a família Wiener estava triste pela perda irreparável de Gabriel Marcus Green. Green era um matemático da faculdade de Harvard e tinha uma promissora carreira, porém, foi vítima da epidemia pós-guerra.

Os pais de Green deram seus livros de matemática para a irmã de Wiener, Constance, pois, além de Matemática, existia um elo muito forte entre eles e inevitavelmente tinham compartilhado muitos momentos juntos. Constance foi para Chicago, trabalhar em um novo

⁴³ *Whatever we did, we always talked mathematics. Much of our talk led to no immediate research. I remember some half-baked ideas about the geometry of Pfaffians, in which I had become interested through Gabriel Marcus Green of Harvard. I cannot remember all the other subjects we discussed, but I am sure that this opportunity to live for a protracted period with mathematics and mathematicians greatly contributed to the devotion of all of us to our science.*

⁴⁴ (...) *which consisted of using my contact with the Proving Ground as a means for enlisting or being drafted into the army for limited service.*

emprego para esquecer esse triste episódio e, assim, por ironia do destino, os livros de Green vieram parar nas mãos de Wiener. Wiener pôde lê-los e enaltece a importância dessas leituras: “eles vieram até mim no momento certo na minha carreira” (WIENER, 1953, p. 265, tradução nossa)⁴⁵. Esses livros incluem: “*Théorie des équations intégrales*” de Volterra, dois livros de Fréchet, um deles sobre a teoria dos funcionais, um livro de Osgood, “*Funktionentheorie*” e um livro de Lebesgue⁴⁶ sobre teoria da integração, para o qual Wiener deu particular atenção.

Após a guerra, como muitos, Wiener começou a procurar emprego. Foi recomendado pelo Professor Osgood, da Universidade de Harvard, para assumir o cargo de professor substituto, por um período de um ano, no Departamento de Matemática no *Massachusetts Institute of Technology*. Embora o instituto fosse reconhecido mundialmente, estava longe de ser um centro de pesquisa matemática. Ele aceitou o cargo oferecido, e permaneceu no MIT até sua morte.

No século XX, a visão de mundo tornou-se mais complexa, principalmente após a Primeira Guerra Mundial, levando os cientistas a novas preocupações e buscando novas soluções matemáticas para resolver problemas mais complexos. Um desses dizia respeito ao resultado provável de um comportamento irregular. “Essa nova preocupação tentava fazer para as curvas o que a velha análise fez para os pontos” (WIENER, 1966, p. 35, tradução nossa)⁴⁷.

Wiener ainda não tinha iniciado seus trabalhos no MIT, quando recebeu a visita do Dr. I. Barnett⁴⁸, de Cincinnati. Ele conversou muito com Wiener sobre várias questões matemáticas e pessoais. Wiener pediu-lhe sugestão para um novo estudo e ele mencionou:

[...] que muito estava sendo feito sobre a generalização do conceito de probabilidade para incluir probabilidades onde as várias ocorrências que estão sendo estudadas não podem ser representadas por pontos, pontos em um plano ou em um espaço, mas por algo da natureza de caminhos de curvas no espaço (WIENER, 1966, p. 35, tradução nossa)⁴⁹.

Como resultado da sugestão de Barnett, Wiener passou o primeiro ano no MIT investigando várias extensões da integral de Lebesgue para sistemas mais complexos. Wiener

⁴⁵ *They came to me at just the right time in my career.*

⁴⁶ Henri Léon Lebesgue (1875-1941) foi um matemático francês que desenvolveu, em 1904, a teoria da integração, cuja integral leva seu nome, integral de Lebesgue.

⁴⁷ *The new concern tried to do for curves what the older analysis had done for points.*

⁴⁸ Isaac Albert Barnett (1894-1974), matemático, cujos interesses foram à geometria analítica e a teoria dos números, bem como a formação de professores do ensino médio de matemática.

⁴⁹ (...) *that a lot was being done on the generalization of the concept of probability to cover probabilities where the various occurrences being studied were not to be represented by points or dots in a plane or in a space but by something of the nature of path curves in space.*

foi um leitor assíduo do jornal *Proceedings of the London Mathematical Society*, no qual leu um artigo de G. I. Taylor (1886-1975) referente à teoria da turbulência. Esse artigo veio ao encontro dos interesses de Wiener, o qual pôde pensar na possibilidade física, pois na turbulência os caminhos de ar das partículas são curvos e o resultado do artigo de Taylor envolve media ou integração sobre a família de tais curvas. Esse foi o problema que deu origem ao seu trabalho sobre o movimento browniano, seu primeiro notável trabalho em matemática. Este foi o primeiro, de uma série de muitos outros estudos realizados nessa área e alguns são apresentados na próxima seção.

2.4 Após o Término da Primeira Guerra Mundial: produções matemáticas

Logo após a Primeira Guerra Mundial, as produções científicas de Wiener tornaram-se mais intensas. Participou do Congresso Internacional de Matemática, em 1920, em *Strasbourg* França. Estava ansioso pela oportunidade de viajar novamente para a Europa, lugar que amigavelmente o acolheu. Sua intenção era aproveitar o tempo livre que teria antes do Congresso, que seria realizado em setembro, para trabalhar com algum professor europeu. O professor escolhido foi o matemático francês Maurice Fréchet (1878-1973).

Os motivos da sua escolha vinculavam-se ao fato de que Maurice Fréchet trabalhava com alguns temas que o interessavam, como o estudo de curvas, lógica matemática e topologia. Em 1915, Wiener havia iniciado, na Universidade de Columbia, um estudo sobre topologia e, certamente, os estudos de Fréchet poderiam ser bastante úteis para dar continuidade às suas pesquisas. Diante desse interesse, Wiener escreveu uma carta para Fréchet e obteve como resposta outra, muito gentil, convidando-o para trabalhar com ele quando de sua estada na Europa. Durante esse período aproveitou para rever muitos amigos, foi a Cambridge e depois a Paris onde ficou aguardando a disponibilidade de Fréchet. Escreveu de Paris uma carta para sua irmã Constance, relatando:

Eu ainda não consegui entrar em contato com Fréchet. Comuniquei a ele que estou aqui, aguardando uma resposta. Acho que estou fazendo um pequeno progresso com o meu problema – integração de espaço em função – e de um modo que possa ter uma aplicação prática. Defino a medida de um intervalo de modo que tenha relação com a teoria da probabilidade, como é aplicada em mecânica estatística, e tenho alimentado esperanças de que a integral de Lebesgue que obtenho disso possa ser útil para alguma coisa. De qualquer forma, quando me encontrar com Fréchet, terei um ótimo problema para trabalhar (SEGAL, 1992, p. 397, tradução nossa)⁵⁰.

⁵⁰ *I have not been able so far to get in touch with Fréchet. I have wired him that I am here and awaiting an answer. I find that I am making a little headway with my problem—space integration in function—and in a way that may have practical application. I define the measure of an interval in it in a way that hitches up with*

Alguns dias depois seu encontro com Fréchet aconteceu. E, a partir daí, todos os dias, Fréchet dedicava a ele algumas horas de conversa, no jardim de sua casa. Havia dois ou três pontos no trabalho de Fréchet que Wiener estava tentando entender e sobre o qual trocaram várias ideias, a saber:

A teoria generalizada de limites e diferenciais de Fréchet se aplica a muitos tipos de espaços, incluindo espaços vetoriais, mas não é necessariamente limitada àqueles espaços nos quais os elementos podem ser considerados como passos. Por outro lado, essa geometria de passos constitui uma importante parte da teoria geral de Fréchet e merecia ser solidificada com um conjunto apropriado de postulados. Fréchet não tinha feito isto nem considerou esses sistemas vetoriais particulares, como peculiarmente importantes entre aqueles os quais tinha considerado. Essa foi a tarefa que eu realizei. Ela estava intimamente ligada à teoria da combinação de transformações sucessivas, conhecida como teoria de grupos e, de fato, constituiu um capítulo significativo daquela teoria. Entretanto, desenvolvi um conjunto completo de axiomas para espaços vetoriais. Fréchet gostou, mas não parecia particularmente impressionado com o resultado. Mas então, algumas semanas mais tarde, ele ficou bastante entusiasmado, quando viu um artigo publicado por Stefan Banach em um jornal matemático polonês, o qual continha resultados praticamente idênticos àqueles que eu tinha obtido, nem mais nem menos geral. A concepção de Banach das suas ideias e a sua publicação delas foram poucos meses anteriores às minhas. Não havia nenhuma possibilidade de comunicação entre nós, e o grau de originalidade dos dois artigos era idêntico. Então, os dois trabalhos, o de Banach e o meu, ficaram conhecidos, naquela época, como a teoria de espaço de Banach-Wiener (WIENER, 1966, p. 59-60, tradução nossa)⁵¹.

Wiener introduziu a noção, mas não desenvolveu a teoria. Assim, mais tarde esse espaço passou a ser referido somente com o nome de Banach (1892-1945). Tal espaço pode ser definido de uma maneira sucinta como: um espaço de Banach é um espaço vetorial real ou complexo, normado, que é completo como um espaço métrico com a métrica $d(x,y) = \|x-y\|$ induzida pela norma. A completude é importante, pois significa que as sequências de Cauchy

probability theory as it is applied in statistical mechanics, and I have been living in hopes that the Lebesgue integral which I can get from it will be good for something At any rate, when I meet Fréchet, I shall have a peach of a problem to work on.

⁵¹ *Fréchet's generalized theory of limits and differentials applies to many sorts of spaces, including vector spaces, but is not necessarily confined to those spaces in which the elements may be regarded as steps. On the other hand, this geometry of steps constitutes a very important part of Fréchet's general theory and was worth solidifying with an appropriate set of postulates. Fréchet had not done this, nor did he consider these particular vector systems as peculiarly important among those which he had considered. This was the task which I had performed. It was very closely allied to the theory of the combination of successive transformations which is known as group theory, and in fact it constitutes a significant chapter of that theory. However, I gave a full set of axioms for vector spaces. Fréchet liked it, but did not seem particularly struck with the result. But then, a few weeks later, he became quite excited when he saw an article published by Stefan Banach in a Polish mathematical journal which contained results practically identical with those I had given, neither more nor less general. Banach's conception of his ideas and his publication of them were both a few months earlier than my own. There had, however, been no chance for communication between us, and the degree of originality of the two papers was identical. Thus the two pieces of work, Banach's and my own, came for a time to be known as the theory of Banach-Wiener spaces.*

em espaços de Banach convergem. Esse foi o começo de seu trabalho sobre a teoria matemática do movimento browniano.

Quando faltavam poucos dias para o congresso, Wiener retornou a Strasbourg para participar dele. O professor Jaques Hadamard (1865-1963), de Paris, foi o palestrante. Muitos anos depois, Wiener o encontrou em vários congressos de matemática e, para a sua surpresa, Hadamard ainda se lembrava da ideia de todo desenvolvimento de seu trabalho. Para Wiener, um resultado positivo desse congresso: “era me aproximar da longa sucessão de matemáticos franceses que devem seu reconhecimento e suas carreiras a Hadamard” (WIENER, 1966, p. 68, tradução nossa)⁵².

A percepção da própria aleatoriedade da natureza afetou o trabalho e a vida de Wiener. Quando começou esse estudo, o prof. Dr. I. Barnett, de Cincinnati, sugeriu a ele que trabalhasse com o conceito de probabilidade, mais generalista, cujas representações são curvas no espaço. Foi a partir dessa ideia que ele construiu sua teoria do movimento browniano. O empurrão na direção probabilística veio do Dr. I. A. Barnett, de Cincinnati, e o estímulo na direção da análise funcional veio de seu encontro com Maurice Fréchet.

Em 1921, Wiener apresentou sua teoria sobre o movimento browniano à Academia de Ciências, intitulado “*The average of an analytic functional*”. O estudo formal sobre a teoria do movimento browniano foi um dos primeiros trabalhos de Wiener como matemático. Para ele, a teoria formal desse movimento tinha um “alto grau de perfeição e elegância. Devido a essa teoria fui capaz de confirmar a conjectura de Perrin e mostrar que, exceto para um conjunto de casos de probabilidade, todos os movimentos brownianos eram curvas contínuas não diferenciáveis” (WIENER, 1966, p. 39, tradução nossa)⁵³.

Sua teoria envolveu, como cita Wiener (1966), as técnicas de integração de Lebesgue e as ideias físicas de Gibbs. Muitas funções não podiam ser integradas e, em consequência disso, a integração foi redefinida pelo matemático francês Henri Léon Lebesgue por volta de 1900. Em vez de tomar fatias finas do gráfico verticalmente abaixo da curva, Lebesgue sugeriu tomar fatias finas horizontalmente e, isso possibilitou a integração de funções descontínuas (ROONEY, 2012).

Como o próprio Wiener (1966) afirma, outro trabalho, que serviu de considerações teóricas para o seu estudo, foi o de Sir Geoffrey Taylor sobre a teoria da turbulência. Fazendo

⁵² (...) was to bring me together with the long succession of French mathematicians who owe their recognition and their careers to Hadamard.

⁵³ (...) a high degree of perfection and elegance. Under this theory I was able to confirm the conjecture of Perrin and show that, except for a set of cases of probability, all the Brownian motions were continuous non-differentiable curves.

referências ao trabalho de Taylor, e destacando sua importância para a aviação, Wiener (1966) postula que esse trabalho veio ao encontro de seus interesses, pois os caminhos percorridos pelas partículas de ar na turbulência eram curvos e envolviam média, probabilidade e integração de famílias de curvas, ou seja, o movimento browniano é um fenômeno semelhante ao da turbulência.

O estudo de Einstein sobre o movimento browniano, publicado em 1905, também serviu de referência para os estudos de Wiener. A dedução de Einstein das leis que governam o movimento browniano, e sua subsequente verificação experimental, feita por Perrin e outros, deram contribuições significativas para a compreensão da realidade física dos átomos.

Quando Wiener estava escrevendo seu artigo sobre o movimento browniano, observou que este poderia ser usado para descrever outro fenômeno chamado *shot effect*. Em meados do século XX, com o desenvolvimento do radar e da televisão o *shot effect*⁵⁴ passou a ser utilizado na engenharia de comunicação. “Esse *shot effect* não somente era similar em sua origem ao movimento browniano, pois era um resultado do fato de o universo ser discreto, mas tinha essencialmente a mesma teoria matemática” (WIENER, 1966, p. 400, tradução nossa)⁵⁵.

Toda imaginação começa a partir da análise da natureza, e Wiener (1966) sabia que a teoria matemática referente a esse movimento sobre o qual buscava compreensão acarretaria uma adequada descrição da natureza e, cada vez mais, tinha consciência de que era na própria natureza que ele deveria buscar a linguagem e os problemas da sua investigação. E foi o que fez, pois a conexão entre a matemática e as ciências naturais é o melhor meio para que o intelecto humano possa formular teorias.

O MIT foi construído às margens do Rio Charles e a movimentação das águas do rio é um fenômeno natural e maravilhoso de ser assistido. Para Wiener, além de maravilhoso, despertava-lhe desafios que podem ser constatados no trecho relatado a seguir.

Como se poderia trazer para uma regularidade matemática o estudo de massa de ondulações e ondas sempre se transformando, pois não foi o destino mais elevado da matemática a descoberta da ordem entre a desordem? Em um certo momento as ondas estavam altas, salpicadas de manchas de espuma, enquanto em outro instante eram ondulações quase imperceptíveis (WIENER, 1966, p. 33, tradução nossa)⁵⁶.

⁵⁴ São sinais elétricos que interferem em um sistema de telecomunicações. Estes diferem dos termos análogos utilizados para estudos de balística.

⁵⁵ *This shot effect not only was similar in its origin to the Brownian motion, for it was a result of the discreteness of the universe, but had essentially the same mathematical theory.*

⁵⁶ *How could one bring to a mathematical regularity the study of the mass of ever shifting ripples and waves, for was not the highest destiny of mathematics the Discovery of order among disorder? At one time the waves ran high, flecked with patches of foam, while at another they were barely noticeable ripples.*

Pode-se imaginar a complexidade desse estudo, pois as equações que modelam a propagação e a evolução das ondas não são lineares e levam em conta tanto os efeitos não lineares quanto os dispersivos. Além das ondas, outros exemplos inspiradores de eventos aleatórios, “[...] se fôssemos solicitados a caracterizar o voo de uma abelha, ou ainda melhor, o andar de um homem que está tão bêbado que não há de fato nenhuma relação entre a direção entre um passo e o seguinte” (WIENER, 1966, p. 35, tradução nossa)⁵⁷. O movimento browniano, no qual a direção se altera aleatoriamente em diversos pontos, muitas vezes é chamado de “o andar do bêbado”. Tal expressão vem de uma analogia que descreve o movimento aleatório, como os trajetos seguidos por moléculas ao flutuarem no espaço, chocando-se, incessantemente, com outras moléculas.

Seu trabalho sobre o movimento browniano não teve reconhecimento durante o ano em que Wiener o publicou, exceto por H. Cramer (1893-1985), na Suécia, e Paul Levy (1886-1971), na França. Tornou-se mais conhecido pelo seu trabalho sobre *Potential Theory*. Durante esse período, havia muitos matemáticos trabalhando com esses dois assuntos: teoria do movimento browniano e a teoria do potencial, como Lebesgue e seu aluno Bouligand (1889-1979) na França e O. D. Kellogg (1878-1932) e seus estudantes de doutorado. Mas, a base para a compreensão do movimento browniano foi semeado por Boltzmann e Maxwell⁵⁸. Esses estudiosos criaram o novo campo da física estatística, a qual utiliza as estruturas matemáticas da probabilidade e da estatística para explicar de que modo as propriedades dos fluidos surgiram a partir do movimento dos átomos (na época, hipotéticos) que os constituíam.

Outro trabalho importante desenvolvido por Wiener, em 1920, foi a *Theory of the Potential*. Na época, a autoridade sobre esse assunto era o professor O. D. Kellogg, de Harvard. Não se sabe o que provocou o interesse de Wiener sobre esse tópico, que envolve equações diferenciais parciais, pois, à época, Wiener não era muito bom nisso. Mas dentro de um curto espaço de tempo, três anos aproximadamente, depois de muitas conversas com Kellogg, Wiener escreveu seis artigos envolvendo esse tema. Wiener descreve a *Theory of the Potential* por meio de situações físicas, conforme descreve no trecho a seguir.

⁵⁷ (...) if we are asked to characterize the flight of a bee or, even better, the walk of a man who is so drunk that there is no relation at all between the direction of his previous step and his present step.

⁵⁸ James Clerk Maxwell (1831-1879) foi um físico e matemático escocês. É mais conhecido por ter dado forma final à teoria moderna do eletromagnetismo, que une a eletricidade, o magnetismo e a óptica.

Eu aprendi com Kellogs que o velho problema da distribuição de potencial estava atraindo renovado interesse. Não teria sentido enunciar o problema aqui explicitamente, mas é bem possível dizer ao leigo que tipo de problema é. Há muitas questões físicas que envolvem quantidades mensuráveis que variam sobre um plano ou um espaço. A temperatura de uma sala é uma dessas quantidades, e existem certas outras quantidades semelhantes relacionadas com o fluxo de um líquido ou a difusão de um gás, as quais posso medir com um voltímetro, que fornece as várias forças eletromotrizes entre os pontos em um cômodo e o chão, ou entre um ponto e outro em um condutor no qual uma corrente elétrica flui (WIENER, 1966, p. 80, tradução nossa)⁵⁹.

As equações diferenciais parciais são utilizadas para estudar uma vasta gama de fenômenos da natureza, nas mais diversas áreas de aplicação, como o referido acima. Quantidades distribuídas no espaço e no tempo são de grande importância na engenharia e a grande maioria dos problemas, em tais condições, é resolvida através de equações diferenciais parciais. Potenciais são funções do espaço e do tempo associados aos campos eletromagnéticos, mecânicos, gravitacionais, entre outros. A utilização dos potenciais na teoria eletromagnética se deve ao fato de, na maioria das situações, ser mais simples calcular o potencial do que o campo. Além disso, os potenciais têm uma relação muito estreita com a energia armazenada nos campos eletromagnéticos e isso lhes confere uma importância destacada na análise física de sistemas reais.

Wiener (1966) diz que o problema que originou esse estudo é o chamado problema de Dirichlet (1805-1859) e explica: imaginem uma sala delimitada por uma parede muito fina, ou seja, uma superfície de material S . Diferentes pontos s , na parede S , são mantidos em temperaturas fixas, por contato térmico contínuo com diferentes intensidades e , considera-se que no interior da sala não há aquecedor. A diferença de temperatura em S irá causar um fluxo de calor ao longo da parede e através da sala. Depois de algum tempo, esse fluxo será constante, ou seja, a temperatura em qualquer ponto do interior da sala não se altera com a passagem do tempo. O problema de Dirichlet consiste em determinar essa distribuição de temperatura no estado estacionário e este problema torna-se mais complicado quando:

Naquela parte de uma sala que está afastada da parede, ou de quaisquer outros condutores, o problema da distribuição da força eletromotriz é relativamente simples. No entanto, quando chegamos à vizinhança imediata de regiões da sala com propriedades elétricas muito especiais, vamos entrar em apuros. Perto dessas

⁵⁹ *I learned from Kellogs that the old problem of potential distribution was attracting renewed interest. It would be of no point to state the problem here explicitly, but it is quite possible to tell the layman what sort of problem it is. There are many physical questions which involve measurable quantities that vary over a plane or over a space. The temperature in a room is such a quantity, and there are certain other similar quantities related to the flow of a liquid or the diffusion of a gas, which I can measure with a voltmeter, which gives the various electromotive forces between points in a room and the ground or between one point and another in a conductor in which an electric current is flowing.*

regiões, conhecidas como fronteiras, o problema do potencial eletrostático atinge uma nova ordem de complicação. Dificuldades semelhantes surgem nas teorias relacionadas de temperatura e do fluxo de fluido (WIENER, 1966, p. 81, tradução nossa)⁶⁰.

As contribuições de Wiener foram fundamentais para a moderna *Classical Potential Theory*. O Critério de Wiener estipula a regularidade “de um ponto da fronteira em termos da convergência de uma série envolvendo a capacidade de conjuntos” (PRESOTO, 2008, p.57). Wiener estabeleceu este critério em 1924 e o publicou no artigo intitulado “The Dirichlet Problem”. Para resolvê-lo, utilizou a técnica de diferenças finitas para resolver as equações diferenciais parciais que é, hoje, a ferramenta básica para resolver equações diferenciais parciais nos computadores. Mais tarde, com advento dos computadores, ele propôs a utilização desse método eletrônico. Em um belo epílogo para essa teoria, ele deu uma interpretação geométrica precisa para a regularidade de um ponto limite em relação ao Problema de Dirichlet.

Entre 1922 e 1927, Wiener viajou para a Europa praticamente todo verão. Muitas dessas viagens realizou em companhia de suas irmãs, Constance, matemática, e Bertha, estudante de química do MIT. Conheceu muitas pessoas na Europa, local onde seu trabalho foi consideravelmente reconhecido, antes de nos Estados Unidos. Suas ideias sobre mecânica quântica foram tomando forma no curso dessas viagens, em participações em congressos, discussões, seminários e nos trabalhos realizados durante esse período.

Outro trabalho de destaque de Wiener, começou estimulado pela pesquisa do matemático dinamarquês Harald Bohr (1887-1951) denominada de *almost periodic functions*. De forma intuitiva, pode-se imaginar uma função quase periódica como sendo uma função que pode ser aproximada por uma função periódica, dentro de qualquer nível desejado de precisão. Wiener manteve muitas correspondências com Harald Bohr, do qual se tornou grande amigo. Em seu livro, “*Almost Periodic Functions*”, Bohr fala da pesquisa de Wiener.

Wiener foi bem sucedido em encontrar uma nova prova desse teorema fundamental, muito mais curta que a minha, mas, por outro lado, usando os resultados da teoria da integração de Lebesgue e da teoria das integrais de Fourier; enquanto a prova original foi elaborada por meios bastante elementares. Esta prova de Wiener adquiriu interesse especial formando um importante ponto de partida para suas belas

⁶⁰ *In that part of a room which is away from the wall, or from any other conductors, the problem of the distribution of electromotive force is relatively simple. However, when we come to the immediate neighborhood of regions of the room with very special electric properties, we get into trouble. Near these regions, which are known as boundaries, the problem of electrostatic potential reaches a new order of complication. Similar difficulties arise in the related theories of temperature and of fluid flow.*

e promissoras investigações combinando as séries de Fourier e as integrais de Fourier (BOHR, 1947, p. 4, tradução nossa)⁶¹.

Wiener estava interessado no estudo dessas funções pela sua relação com o estudo das vibrações. Sua facilidade de aplicar seu conhecimento matemático à área de engenharia pode ser exemplificada pelo seu trabalho sobre *Harmonic Analysis*. A análise de um fenômeno complexo ou de uma estrutura em termos de seus componentes básicos são esforços comuns às ciências e à vida prática. A ideia central dessa análise é que a sua organização envolve a repetição de certos padrões fundamentais.

Ele percebeu que, uma grande variedade de sinais devem ser harmonicamente analisáveis e que, para isso, a classe mais ampla de curvas irregulares deve ser demarcada para novos cálculos e médias. Como os estudos anteriores de vários matemáticos não faziam uso da teoria de Fourier⁶², Wiener foi buscar novas ideias nas obras de Lord Kelvin (1824-1907), Lord Rayleigh⁶³, Sir Oliver Heaviside (1850-1925), Sir Arthur Schuster (1851-1934) e Sir Geoffrey Taylor. Todos tinham interesse em Análise Harmônica de fenômenos aleatórios relativos à acústica, óptica e mecânica dos fluidos.

A análise de Fourier é o cenário natural para a solução de muitos problemas em engenharia, matemática e outras ciências, de modo geral. Um problema básico na análise de Fourier é mostrar como fenômenos complexos, tais como ondas de som, podem ser descritos

⁶¹ Wiener succeeded in finding a new proof of this fundamental Theorem, much shorter than mine but, on the other hand, using results of the Lebesgue integral theory and the theory of Fourier integrals; whereas the original proof was worked by quite elementary means. This proof by Wiener acquired special interest by forming an important starting point for his beautiful and promising investigations on combined Fourier series and Fourier integrals.

⁶² Em 1807, o matemático e físico francês Jean Baptiste Fourier (1768-1830) apresentou um trabalho a Academia de Ciências de Paris sobre a utilização de ondas senoidais para representar a distribuição de temperaturas envolvendo a condução de calor. O trabalho fazia na época uma controversa afirmação de que qualquer sinal periódico contínuo poderia ser representado pela soma de ondas senoidais adequadamente escolhidas. Entre o comitê de revisão do trabalho estavam dois famosos matemáticos: Joseph Louis Lagrange e Pierre Simon Laplace. Lagrange questionou fortemente o trabalho, sobre a base de que o método de análise de Fourier não poderia funcionar com sinais possuindo descontinuidades em quadraturas (ângulos retos), tais como as ondas quadradas. O trabalho de Fourier foi rejeitado basicamente em função da objeção de Lagrange, e não foi publicado até a morte de Lagrange 15 anos depois. Em termos, ambos Fourier e Lagrange estavam parcialmente corretos. Lagrange está correto que a soma de senóides não pode, exatamente, formar um sinal com um ângulo reto. Entretanto, pode-se ir muito próximo dessa situação, caso sejam utilizadas ondas senoidais suficientes. Isto é descrito como Efeito de Gibbs, conforme denominado atualmente. A teoria de Fourier é ampla e bastante complexa para a explicitarmos aqui. A ideia central dessa teoria é a de representar uma dada função f , periódica, como a soma de uma série trigonométrica,

$$f(x) = \frac{a_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n \cos nx + b_n \sin nx)$$

De um modo geral, esta é uma das ideias básicas da análise: decompor funções arbitrárias em termos de outras mais simples, com o objetivo de encontrar propriedades das funções a partir das componentes que as representam.

⁶³ John William Strutt (1842-1919), também conhecido como o 3º Barão de Rayleigh. Foi um matemático e físico inglês, conhecido por suas pesquisas em fenômenos ondulatórios.

em termos das harmônicas fundamentais. Nas máquinas elétricas, devido as suas condições de funcionamento, existem grandezas físicas periódicas que podem ser representadas em forma de ondas senoidais. O estudo das grandezas, com relação ao comportamento da máquina, pode ser feito através da análise harmônica. Consiste, esse tipo de análise, na decomposição da função representativa da grandeza numa série de termos harmônicos, segundo a teoria de Fourier (GUEDES, 1992). A máquina pode ser considerada um sistema linear e seu estudo pode ser feito isoladamente para cada termo harmônico da série representativa da grandeza física em estudo.

A análise harmônica, de acordo com Conway e Siegelman (2005), permaneceu desvinculada dos fenômenos físicos por quase um século, até Wiener reformular o trabalho de Fourier e estabelecer conexão com o mundo real. Os novos métodos estatísticos empregados por Wiener no seu estudo sobre análise harmônica, foram vitais para todas as ciências da era da informação e, em particular para a engenharia elétrica e para o desenvolvimento de máquinas computadoras. Os engenheiros eletricitistas passaram a compreender as aplicações práticas dos novos métodos harmônicos e a usá-los para controlar os sinais eletrônicos com uma precisão sem precedentes. A análise harmônica é parte importante do trabalho de Wiener, inclusive para compreender uma série de outros trabalhos. Os estudos sobre análise harmônica foram sendo desenvolvidos e publicados, de forma fragmentada, ao longo dos anos, desde a década de 1920.

Pode-se dizer que, em suma,

Wiener fez enormes avanços na análise harmônica de funções de variáveis reais e complexas. De forma unificada, isso resolveu velhos problemas, produziu novos desafios e forneceu um protótipo para aspectos-chave da análise harmônica em grupos topológicos. Simultaneamente, desenvolveu aplicações de suas ideias matemáticas em engenharia, biologia e outros campos. Mais tarde em sua vida, ele desenvolveu uma síntese de tais aplicações, com ideias diversas representadas por partes centrais do trabalho feito durante as décadas de 20 e 30 por Vannevar Bush, Walter B. Cannon, Alan Turing, e outros (SEGAL, 1992, p. 389, tradução nossa)⁶⁴.

Em 1925, Wiener visitou novamente Göttingen. Nesse período, como o seu trabalho sobre *Harmonic Analysis* estava ganhando notoriedade, Wiener proferiu uma palestra sobre esse tema. Hilbert mostrou grande interesse sobre o assunto, apesar de que, conta Wiener: “mas o que não percebi, naquele tempo, foi que minha palestra estava intimamente ligada às

⁶⁴ Wiener made huge strides in the harmonic analysis of functions of real and complex variables. In a unified way, this resolved old problems, produced new challenges, and provided a prototype for key aspects of harmonic analysis on topological groups. In part concurrently, he developed applications of his mathematical ideas in, Alan Turing, and others.

novas ideias da física, as quais estavam prestes a florir em Göttingen, na forma do que é agora conhecido como mecânica quântica” (WIENER, 1966, p. 97, tradução nossa)⁶⁵.

A mecânica quântica teve origem nos estudos de Max Planck (1858-1947), em 1900. Planck havia mostrado que, em um mundo no qual a matéria se apresenta em forma de pacotes, a energia também deve se apresentar assim. Planck reconheceu essa ideia revolucionária, descrita na história do diálogo que manteve com seu filho durante um passeio matinal, expressando-se: “Hoje me ocorreu uma ideia tão revolucionária e tão grande como a de Newton” (BRONOWSKI, 1983, p. 334). E era mesmo. Essa descoberta foi determinante para a física atômica, pois fundamentou o modelo atômico de Niels Bohr, escrito em 1913, e abriu caminho para a teoria de Einstein, que explicou o efeito fotoelétrico, em 1905. Tempos depois, Heisenberg deu uma nova caracterização ao elétron estabelecendo a teoria da mecânica quântica.

Essa mecânica quântica teve sucessos numéricos importantes e uma unidade teórica um tanto incompleta. Por volta de 1925, ano de minha palestra em Göttingen, o mundo estava clamando ansiosamente por uma teoria de efeitos quânticos que fosse um todo unificado e não uma colcha de retalhos. Sem estar consciente do modo no qual o interesse em Göttingen estava focado sobre as dificuldades da teoria quântica, minha palestra em Göttingen, como a teoria quântica, lidou com um campo em que as leis de magnitudes comuns não continuam no âmbito das muito pequenas. Como eu disse, minha palestra concernente à análise harmônica, em outras palavras, a quebra de movimentos complexos em somas de oscilações simples (WIENER, 1966, p. 105, tradução nossa)⁶⁶.

Pode-se afirmar, enfatiza Wiener que, “Heisenberg veio a explicá-la através da mesma análise harmônica que eu já apresentara em Göttingen, pelo menos cinco anos antes” (WIENER, 1966, p. 107, tradução nossa)⁶⁷.

Wiener recebeu uma bolsa de estudo para trabalhar um semestre em Göttingen e outro em Copenhague (1926-1927), junto de Max Bohr (1882-1970). Eles já haviam trabalhado juntos com mecânica quântica durante uma visita de Bohr ao MIT, e deram continuidade a esse trabalho.

⁶⁵ (...) but what I did not realized was that my talk was closely keyed to the new ideas of physics which were about to burst into bloom at Göttingen in the form of what is now known as quantum mechanics.

⁶⁶ This quantized mechanics had important numerical successes and rather incomplete theoretical unity. By 1925, the year my talk in Göttingen, the world was clamoring for a theory of quantum effects which would be a unified whole and not a patchwork. Without being aware of the way in which interest in Göttingen was already concentrating about the difficulties of the quantum theory, my talk in Göttingen, like quantum theory, dealt with a field in which the laws of ordinary magnitudes do not continue down into the range of the very small. As I have said, my talk concerned harmonic analysis, in other words, the breaking up of complicated motions into sums of simple oscillations.

⁶⁷ Heisenberg came to explain it through the same harmonic analysis which I had already presented to the Göttingen at least five years before.

Seu trabalho em Göttingen foi cientificamente estimulante. Wiener encontrou com o britânico A.E. Ingham (1900-1967), um amigo seu da Universidade de Leeds, cujos estudos, à época, envolviam a teoria dos números. Wiener ainda não tinha sido capaz de finalizar a fundamentação de sua teoria sobre Harmonic Analysis. Assim, Ingham sugeriu que problemas similares ao dele tinham sido resolvidos por Hardy e Littlewood por métodos do que eles denominavam *Tauberian Theorems*. Isso era novidade para Wiener.

Com reconhecimento de seu trabalho na Alemanha e a melhora de sua situação econômica no MIT, foi possível a Wiener pensar, pela primeira vez, nas responsabilidades do casamento. Casou-se em 1926, com Margaret Engemann, uma pós-graduada de Utah State College e Radcliffe, que havia imigrado com sua família da Alemanha. Sua primeira filha, Barbara, nasceu em 1928, e a segunda, Margaret, em 1929.

Em Dusseldorf, Alemanha, no verão de 1926, em um encontro da Associação Alemã para o Avanço da Ciência, Wiener fez contatos com muitos cientistas alemães. Em particular, com um jovem matemático, Robert Schmidt, de Kiel, que tinha feito um importante trabalho sobre o *Tauberian Theorems*; a exposição de suas ideias se aproximava das novas ideias de Wiener.

Seguindo a sugestão de Ingham, Wiener estudou a obra de Hardy e Littlewood e observou que uma troca de variáveis de uma simples exponencial implicaria a integral do teorema de Schmidt⁶⁸, com que ele estava familiarizado em seus estudos elétricos (MASANI, 1990). Os *Tauberian Theorems* não só caracterizam o comportamento dos números primos, mas também fornecem a noção correta do espectro de fenômenos, como a luz. O sucesso matemático e conceitual de Wiener foi justamente o de mostrar a sua aplicabilidade a muitas áreas. A resposta a uma carta de G. I. Taylor mostra essa faceta e ilustra, também, a importância de seu trabalho na resolução de problemas físicos.

Com relação à turbulência o que eu deveria antecipar é que para sistemas extremamente turbulentos a distribuição de deslocamentos ou velocidades se aproximará de uma distribuição de Gauss, mas para sistemas menos turbulentos haveria discrepâncias acentuadas para essa lei. Essas discrepâncias deveriam lançar uma grande quantidade de luz sobre a estrutura dinâmica real da turbulência. Em breve, prepararei um manuscrito para enviar-lhe no qual eu abordarei com mais detalhes a justificativa das afirmações aqui feitas. Enquanto isto, minha sugestão é que você atente para o meu artigo da Acta, sobre análise harmônica generalizada, datado de, acredito eu, por volta de 1930, e também algum material que você possa encontrar no último capítulo do meu livro com Paley (WIENER, 1938, tradução nossa)⁶⁹.

⁶⁸ Para saber mais sobre essa troca de variáveis consultar (MASANI, 1990, p. 106).

⁶⁹ *In the matter of turbulence what I should anticipate is that for extremely turbulent systems the distribution of displacements or velocities will approach a Gaussian distribution, but for less turbulent systems there would be*

Foi o Prof. J. D. Tamarkin (1888-1945) da Universidade de Brown, grande amigo de Wiener, que o convenceu a reunir seus estudos e publicá-los em um livro. Foi ele quem leu e criticou cada etapa do manuscrito e de suas provas, e isto foi uma grande vantagem para a notoriedade de seu trabalho. Em 1929, foi publicado o trabalho intitulado *Generalized Harmonic Analysis* e, em 1932, o *Tauberian Theorems*. Com essas publicações, Wiener foi reconhecido nesse campo e recebeu o prêmio *Bocher* da *American Mathematical Society*, em 1933. E, em abril de 1934, foi eleito membro da Academia Nacional de Ciências dos Estados Unidos. A abordagem de Robert Schmidt, complementada com a de Hardy e Littlewood, forneceu a base para Wiener escrever esse trabalho.

2.5 Maturidade pessoal e científica: um matemático consolidado

O desenvolvimento científico e tecnológico que permeou todo o século XX revitalizou as ideias matemáticas de Wiener, em grande parte, decorrentes de seus contatos com intelectuais e pessoas ligadas às engenharias e outras áreas de conhecimento. Também teve a felicidade de trabalhar no MIT, cujo cerne era a investigação, e esse instituto reunia todas as áreas do conhecimento para produzir uma série de avanços e, muitos deles transformaram o mundo.

No MIT, seu contato mais frequente foi com o departamento de engenharia elétrica. Um departamento com olhos no futuro, cujos líderes no início da década de 20, foram o professor Dugald C. Jackson (1865-1951) e, mais tarde, Vannevar Bush (1890-1974). Na década de 1930, parte dos estudos de Wiener estava relacionada com os de Bush. Bush estava desenvolvendo algumas máquinas de computação elétrica, as quais o tornaram famoso mais tarde. Nesse período, Vannevar Bush construiu o analisador diferencial, um computador analógico capaz de resolver equações diferenciais. Este foi construído no MIT, sob a supervisão de Bush, e Wiener acompanhou de perto o desenvolvimento desse projeto e se envolveu, com muito interesse, com os problemas matemáticos dele decorrentes (MASANI, 1990).

marked discrepancies from this law. These discrepancies should throw a great deal of light on the actual dynamic structure of turbulence. I shall soon prepare a manuscript to send you in which I shall take up in more detail the justification of the statements I here make. In the meanwhile I suggest you look up my Acta paper on generalized harmonic analysis, dated I believe about 1930, and also some material which you can find in the last chapter of my book with Paley.

A família Wiener passou os anos de 1931-1932 em Cambridge, Inglaterra. Wiener aceitou o convite de Hardy para trabalhar, durante esse período, na Universidade de Cambridge. Lá proferiu palestras sobre a Transformada de Fourier, cuja abordagem foi tema de seu livro, publicado por essa Universidade em 1933, *“The Fourier Integral and Certain of its Applications”*.

Seus principais contatos em Cambridge foram Hardy e Littlewood, mas também, aproveitou seu tempo para rever velhos amigos e fazer novas amizades. Durante esse período, Wiener teve a colaboração de um brilhante matemático inglês, R. E. A. C. Paley (1907-1933), o qual tinha uma admiração muito grande por Littlewood. Ambos eram matemáticos e alpinistas. Wiener e Paley começaram a trocar ideias na Inglaterra, conversaram novamente em Zurique, no Congresso Internacional de Matemáticos, mas a colaboração efetiva entre eles começou quando Paley ganhou uma bolsa e foi para o MIT, entre os anos de 1932 e 1933.

Em 1933, Wiener já tinha regressado ao MIT e começaram a trabalhar juntos. Eles decidiram dar continuidade a um trabalho que Wiener havia começado antes de ir para a Europa, sobre design de circuitos elétricos. Além deste, outro

Um problema interessante que nós atacamos juntos foi o das condições restringindo a transformação de Fourier de uma função que se anula na semi-reta. Este é um problema matemático importante por si mesmo, e Paley atacou-o com vigor, mas o que me ajudou e não ajudou Paley, foi que é essencialmente um problema de engenharia elétrica. Era sabido por muitos anos que há uma certa limitação na precisão com que um filtro de onda elétrica cancela uma faixa de frequência, mas os físicos e engenheiros tinham estado bastante inconscientes das bases matemáticas para estas limitações. Resolvendo o que foi para Paley um lindo e difícil problema de xadrez, completamente contido em si próprio, mostrei, ao mesmo tempo, que as limitações sob as quais os engenheiros eletricitistas estavam trabalhando eram precisamente aquelas que impedem que o futuro seja influenciado pelo passado (WIENER, 1966, p. 168-169, tradução nossa)⁷⁰.

O grande trabalho que realizaram juntos foi o estudo das propriedades analíticas da Transformada de Fourier no domínio complexo. Infelizmente, a sua colaboração durou um curto período de tempo, pois Paley morreu em um acidente de esqui, em abril de 1933.

⁷⁰ *One interesting problem which we attacked together was of the conditions restricting the Fourier transform of a function vanishing on the half line. This is a sound mathematical problem on its own merits, and Paley attacked it with vigor, but what helped me and did not help Paley was that it is essentially a problem in electrical engineering. It had been known for many years that there is a certain limitation on the sharpness with which an electric wave filter cuts a frequency band off, but the physicists and engineers had been quite unaware of the deep mathematical grounds for these limitations. In solving what was for Paley a beautiful and difficult chess problem, completely contained within itself, I showed at the same time that the limitations under which the electrical engineers were working were precisely those which prevent the future from influencing the past.*

Wiener reuniu suas pesquisas em um importante e influente livro: “*Fourier Transforms in the Complex Domain*”, publicado em 1934.

Paley gostava não só de desafios intelectuais, mas também do esporte, ele era um entusiasta do esqui. Era um esquiador nem um pouco cuidadoso, pois tinha o hábito de ir esquiando deliberadamente sobre encostas proibidas. Em abril, ele foi de Boston para as Montanhas Rochosas no Canadá esquiando com alguns amigos. Paley faleceu em Banff, vítima de uma avalanche, e coube a Wiener a triste tarefa de informar a mãe de Paley e seus amigos ingleses de sua morte.

Depois desse incidente, levou um tempo para que Wiener pudesse retomar seu trabalho. Começou a frequentar um grupo de amigos liderados pelo físico mexicano Manuel Sandoval Vallarta (1899-1977), que apresentou a Wiener o fisiologista Arturo Rosenblueth. Rosenblueth era o braço direito do grande fisiologista de Harvard, Walter Cannon, que Wiener conhecera quando criança, por intermédio de seu pai, conforme já relatado neste trabalho. Arturo e Wiener tinham em comum um intenso interesse pela metodologia científica e compartilhavam várias ideias e, uma delas diz respeito ao fato de,

[...] que a divisão entre as ciências era constituída de linhas administrativas convenientes para a apropriação de recursos financeiros e de esforços, as quais cada cientista deveria estar disposto a atravessar sempre que seus estudos o exigisse. Ciência, nós dois pensávamos, deveria ser um esforço colaborativo (WIENER, 1966, p. 171, tradução nossa)⁷¹.

Desde então, Arturo foi seu grande amigo. Ambos costumavam reunir-se com jovens pesquisadores de várias áreas para acalorados debates científicos. “Para Arturo Rosenblueth por muitos anos meu companheiro de ciência” (WIENER, 1961, não numerada, tradução nossa)⁷², essa é a dedicatória de Wiener em seu livro “*Cybernetic*” que retrata essa grande amizade.

Além de Arturo, Wiener teve outros amigos cujo envolvimento pessoal transparece em suas obras; um deles foi Haldane (1892-1964). Quando estava na Inglaterra, grande parte de sua leitura, Wiener realizou na *Philosophical Library*, a biblioteca da Sociedade Filosófica. Nessa biblioteca, Wiener conta que:

⁷¹ [...] that the division between the sciences were convenient administrative lines for the apportionment of money and effort, which each working scientist should be willing to cross whenever his studies should appear to demand it. Science, we both felt, should be a collaborative effort.

⁷² To Arturo Rosenblueth for many years my companion in science.

Eu costumava ler muitas coisas populares para recreação: particularmente histórias de detetives, e os periódicos populares ingleses como *The Strand and Pearson*. Um dia eu vi no *The Strand* uma história de suspense de primeira linha chamada "*The Gold-Makers*". Era ficção científica com um pouco de ciência e economia, muito plausíveis, e tinha uma excelente trama, com conspiração, perseguição, e fuga. Foi escrita pelo Professor J. B. S. Haldane, do *Trinity College*, Cambridge. Na capa estava a foto de um homem alto, forte e sobrancelhas cerradas, que eu tinha visto várias vezes na *Philosophical Library* (WIENER, 1966, p. 160, tradução nossa)⁷³.

Após visualizar a imagem do autor, Wiener o avistou na biblioteca e foi conversar com ele para expressar sua apreciação pela história, nascendo uma grande amizade entre ambos. Outro fato constatado por Wiener, nessa biblioteca, foi ter visto que seus primeiros trabalhos referentes à filosofia estavam expostos, o que significou, para ele, o reconhecimento explícito de seu trabalho como filósofo legitimado pela sua nova posição, um matemático consolidado.

2.6 Clima Hostil

Entre 1933 e 1935, os rumores de guerra na Europa, devido ao fortalecimento do partido nazista, fizeram com que muitos matemáticos procurassem colocação em outros países. Em decorrência desse clima hostil, Wiener (1966, p. 174, tradução nossa)⁷⁴ afirma: “eu sei que o trabalho nosso, matemáticos americanos, era talhado para nós, e que deveríamos nos unir e fazer um esforço sistemático para encontrar empregos e a possibilidade de vida para muitos deslocados intelectuais”.

Emmy Noether⁷⁵, a grande matemática, foi recebida no *Bryn Mawr College*, na Pensilvânia. Pólya⁷⁶ e Szegő⁷⁷, dois matemáticos húngaros, foram recebidos na Universidade

⁷³ *I used to read a lot of popular stuff for recreation: particularly detective stories, and the English popular periodicals such as The Strand and Pearson's. One day I saw in The Strand a first-rate thriller called "The Gold-Makers". It was science fiction, with some very plausible science and economics in it, and it had an excellent plot, with conspiracy, pursuit, and escape. It was written by Professor J. B. S. Haldane, of Trinity College, Cambridge. There on the cover stood the photograph of a tall, powerfully built, beetle-browed man, whom I had repeatedly seen in the Philosophical Library.*

⁷⁴ *I knew that the work of us American mathematicians was cut out for us and that we should have to get together and make a systematic effort to find jobs and a possibility of life for many a displaced scholar.*

⁷⁵ Amalie Emmy Noether (1882-1935) foi uma matemática alemã, conhecida por suas contribuições de fundamental importância nos campos de física teórica e álgebra abstrata. Considerada por David Hilbert, Albert Einstein e outros como a mulher mais importante na história da matemática. Ela revolucionou as teorias sobre anéis, corpos e álgebra. O teorema de Noether explica a conexão fundamental entre a simetria na física e as leis de conservação.

⁷⁶ George Pólya (1887-1985) foi um matemático húngaro e professor de matemática no Instituto de Tecnologia de Zurich entre 1914 a 1940 e de 1940 a 1953 na Universidade de Stanford.

⁷⁷ Gábor Szegő (1895-1985) foi um matemático húngaro. UM dos mais destacados analistas de sua geração, com contribuições fundamentais à teoria das matrizes de Toeplitz e polinômios ortogonais.

de Stanford. Von Neumann⁷⁸, Einstein e Hermann Weyl⁷⁹ foram recebidos na Universidade de Princeton e, depois da fundação do Instituto de Estudos Avançados de Princeton, passaram a fazer parte desse novo Instituto, administrado por Veblen⁸⁰. Veblen e Kline⁸¹ foram os principais chefes americanos responsáveis por acolher os refugiados europeus e, como salienta Wiener: “[...] estou orgulhoso por acreditar que, pelo menos, eu fiz ao menos minha parte no problema” (WIENER, 1966, p. 175, tradução nossa)⁸². Assim como os cientistas citados, muitos outros desembarcaram na América.

Pode-se afirmar, sem hesitação, que a vinda desses cientistas ocasionou uma década de superlativos com relação às produções científicas na América do Norte. Foi durante esse período que Wiener, como já citado anteriormente, e o Professor Morse⁸³ receberam o Prêmio Bôcher. Wiener foi eleito membro da *National Academy of Sciences*, sendo que, depois de sua viagem à Inglaterra, e antes de sua viagem à China, se estabelece o período em que exerce papel atuante nessa sociedade.

Foi nesse clima que, durante o ano acadêmico de 1933 a 1934, chegou ao MIT um grupo de jovens estudantes liderados pelo notável Claude E. Shannon (1916–2001). Suas ideias mostraram uma originalidade ímpar, justificadas por uma vasta gama de trabalhos envolvendo máquinas de computação e a teoria da informação. Sua ideia, considerada genial, refere-se à utilização da álgebra booleana nos circuitos elétricos, nos quais, pode-se relacionar: Zero – Falso (não passa corrente) e um – verdadeiro (passa corrente elétrica). Era justamente do perfil desse matemático e engenheiro eletrônico que a *Bell Telephone Laboratories* precisava.

O trabalho de Shannon é o exemplo concreto da relevância prática das ideias de Wiener, pois trata especificamente da produção e comunicação da informação no contexto das máquinas. Shannon estava fazendo seu doutorado no MIT, com Bush, e o estudante Brockway McMillan (1915-), fazia doutorado com Wiener. McMillan foi quem, mais tarde,

⁷⁸ John von Neumann (Budapeste, Hungria, 28 de dezembro de 1903 – 08 de fevereiro de 1957), matemático húngaro naturalizado americano. Fez grandes contribuições em uma vasta gama de domínios como Física Quântica, Computação, Álgebra, Teoria dos Jogos e, foi um dos principais membros do Projeto Manhattan.

⁷⁹ Hermann Klaus Hugo Weyl (1885-1955) foi um matemático alemão. Suas pesquisas possuem grande significado para a física teórica, bem como para outras disciplinas puras como a teoria dos números. Embora tenha passado boa parte de sua vida acadêmica na Suíça e, posteriormente em Princeton, sua formação está, intimamente, identificada com a tradição da matemática da Universidade de Göttingen representada por David Hilbert.

⁸⁰ Oswald Veblen (1880–1960) foi um matemático estadunidense. Geômetra e topólogo em cujo trabalho se encontra aplicação à física atômica e à teoria da relatividade.

⁸¹ Morris Kline (1908—1992) professor de matemática, filósofo e historiador.

⁸² [...] *I am proud to believe that I did at least my share in the matter.*

⁸³ Philip McCord Morse (1903–1985), graduou-se em física e tirou seu Ph.D. pela Universidade de Princeton, em 1929. Foi professor no MIT e é considerado o pai da PO, nos Estados Unidos, pelas suas contribuições e realizações nesse campo.

contribuiu com Shannon no desenvolvimento de sua teoria da informação. Nessa época, o contato entre Shannon e Wiener foi passageiro, pois seus trabalhos tomaram rumos diferentes, porém as relações científicas entre ambos são profundas.

Ainda no início da década de 1930, passaram pelo MIT dois jovens estudantes, um chinês, Yuk Wing Lee (1904-1989), e o outro japonês, Ikehara (1904-1989). Esse último foi seu aluno e colaborador no *Prime Number Theorem*. Lee, por sua vez, veio trabalhar com Wiener por indicação de Bush. Posteriormente, em sua autobiografia, Wiener comenta essa associação frutífera: “esta foi uma das melhores coisas que Bush fez por mim e, sou eternamente grato a ele por ter conduzido Lee em minha direção” (WIENER, 1966, p. 142, tradução nossa)⁸⁴.

Lee, em 1932, sob orientação de Bush, completou sua tese de doutorado intitulada “*Synthesis of electric networks by means of Fourier transforms of Laguerre's functions*”. Em 1934, Lee e Ikehara, haviam retornado aos seus países de origem. Tempos depois, Wiener recebeu um convite de Tsing Hua, que mais tarde se tornaria vice-ministro de Educação na China, para passar um ano no departamento de matemática e de engenharia elétrica na China. Certamente, tal convite foi sugerido por Lee, seu ex-aluno. Wiener aceitou o convite e estava ansioso por poder conhecer uma nova cultura e, assim, entre 1935 e 1936, viajou com a família. Fez uma parada na Universidade de Stanford onde foi recebido por Pólyas e Szegő, e ali ministrou algumas palestras. De Stanford tomou um barco rumo ao Japão, juntamente com sua família, permanecendo nesse país por duas semanas, seguindo depois para a China.

Wiener foi professor visitante, em 1936, na Universidade de *Tsing Hua* em *Peiping*, China. Wiener and Yuk Wing Lee desenvolveram e patentearam vários sistemas de redes elétricas. Outro trabalho que consolidaria essa união consistiu em desenvolver uma máquina de computação, seguindo os passos de Bush, ajustada à alta velocidade dos circuitos elétricos. Os princípios usados eram sólidos, porém, “[...] o que estava faltando em nosso trabalho era uma compreensão completa dos problemas de planejar um aparato no qual parte do movimento de saída fosse retro-alimentado para o começo do processo, como uma nova entrada” (WIENER, 1966, 190, tradução nossa)⁸⁵. Esse ciclo, onde parte da saída, *output*, é direcionada novamente como entrada no processo, *input*, é denominado mecanismo *feedback*. Porém, esse mecanismo, quando muito intenso, causa oscilações nas máquinas tornando-as

⁸⁴ *This was one of the finest things Bush has ever done for me, and I am eternally grateful that he turned Lee in my direction.*

⁸⁵ *[...] what was lacking in our work was a thorough understanding of the problems of designing an apparatus in which part of the output motion is fed back again to the beginning of the process as a new input.*

instáveis. Wiener exemplifica esse *loop*, de *feedback*, onde não há interferência de nenhum elemento humano, de uma maneira bastante simples:

O termostato comum, com o qual nós regulamos o aquecimento de uma casa, é um exemplo disso. Há um ajuste para a desejada temperatura do cômodo; e se a real temperatura da casa estiver abaixo desta, um aparato é acionado, o qual abre o registro, ou aumenta o fluxo do óleo combustível, elevando a temperatura da casa para o nível desejado. Se, por outro lado, a temperatura ambiente ultrapassa o nível desejado, o mecanismo é desligado ou o fluxo do óleo combustível é diminuído ou interrompido. Desse modo, a temperatura da casa é mantida aproximadamente em um nível constante. Observe que a constância desse nível depende do bom projeto do termostato, e que um termostato pessimamente projetado pode levar a temperatura da casa a oscilações violentas, não diferente do movimento de um homem que sofre de tremor cerebelar (WIENER, 1961, pg. 96-97, tradução nossa)⁸⁶.

Esse trabalho não foi concluído, mas a parceria com Lee não deixou de ser um sucesso. Lee, não só foi capaz de assimilar as sugestões de Wiener, como também propôs uma rede eficaz, em forma de cascata, que garantiu uma melhor utilização de hardware. Uma delas ficou conhecida como a rede de Lee-Wiener. Esse conceito tornou-se crucial na teoria Cibernética de Wiener e no desenvolvimento de seu estudo sobre controle de fogo antiaéreo para o esforço de guerra.

No verão de 1936, Wiener voltou da China, via Europa, para participar do Congresso Internacional de Matemáticos em Oslo, Noruega. Também, aproveitou para realizar uma breve viagem ao Cairo, onde se encontrou com Mandelbrojt⁸⁷. Tal encontro foi mediado por seu amigo, Hadamard. Juntos, dedicaram cinco dias de exaustivo trabalho para desenvolverem um artigo sobre funções quase-analíticas. No congresso em Oslo, Wiener aproveitou para rever amigos como Canon G. Lemaître (1894-1966), o grande cosmólogo, que ele conhecia do MIT. Os estudos de Lemaître provocaram uma nova concepção de um universo em expansão. Foi o primeiro a propor, em 1927, o modelo teórico do Big Bang, que seria confirmado dois anos depois pelas observações do astrofísico norte-americano Edwin Hubble (1889-1953).

⁸⁶ *The ordinary thermostat by which we regulate the heating of a house in one of these. There is a setting for the desired room temperature and if the actual temperature of the house is below this, an apparatus is actuated which opens the damper, or increases the flow of fuel oil, and brings the temperature of the house up to the desired level. If on the other hand, the temperature of the house exceeds the desired level, the dampers are turned off or the flow of fuel oil is slackened or interrupted. In this way the temperature of the house is kept approximately at a steady level. Note that the constancy of this level depends on the good design of the thermostat, and that a badly designed thermostat may send the temperature of the house into violent oscillations not unlike the motion of the man suffering from cerebellar tremor.*

⁸⁷ Szolem Mandelbrojt (1899–1983) foi um matemático polonês de origem judaica. Dedicou-se aos estudos de Análise Matemática, foi aluno de Jacques Hadamard, a quem sucedeu como professor no Collège de France.

Como em outras viagens, foi um astuto observador e deixou-nos reflexões interessantes sobre a cultura oriental em seus escritos. Em relação à sua carreira científica, via seu trabalho não simplesmente como um volume de papéis importantes e independentes, mas um corpo, compacto e consolidado de conhecimentos que não poderia mais ser ignorado. Sobre esse assunto, uma nota especial de Wiener: “se eu fosse estabelecer algum ponto específico em minha carreira como um artesão em ciência, e como, até certo grau, um mestre independente do ofício, eu deveria escolher 1935 como aquele ponto, o ano de minha viagem à China”(WIENER, 1966, p. 207, tradução nossa)⁸⁸.

Em 1939, Wiener participou do encontro da *American Mathematical Society* em *Madison, Wisconsin*. Antes da eclosão da Segunda Guerra Mundial, agravou-se a situação no país e, um ano antes de os Estados Unidos entrarem na guerra, existia uma profunda insegurança por parte dos cientistas americanos com relação ao sistema de defesa vigente, devido ao fraco poder da tecnologia bélica, à falta de planejamento para priorizar as estratégias e à necessidade de um alinhamento tecnológico militar. Pressentindo um conflito inevitável e a sua real dimensão, quatro líderes da ciência americana se reuniram para discutir o assunto, visando adequar-se às necessidades da guerra moderna.

Esses cientistas eram Vannevar Bush, presidente do *Carnegie Institution of Washington*, um engenheiro eletricitista, Karl Taylor Compton⁸⁹, presidente do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT), um físico, James Bryant Conant⁹⁰, presidente da *Harvard University*, um químico e Frank Baldwin Jewett⁹¹, engenheiro eletricitista e presidente da Academia Nacional de Ciências e da *Bell Telephone Laboratories*. Vannevar Bush estimulou esse debate em decorrência do que tinha vivenciado durante a Primeira Guerra Mundial, onde a falta de cooperação entre cientistas civis e militares foi crítica. Foi um intelectual e um criador de políticas de incentivo e a sua liderança no desenvolvimento do complexo militar americano tinha como plano de ação a incorporação do conhecimento científico, através da participação dos cientistas nos esforços de guerra. Como porta voz desse grupo, convenceu o presidente Roosevelt da necessidade de mobilizar a pesquisa científica no campo militar e mostrou que a tecnologia era a chave para a vitória. Assim, com o apoio do presidente Roosevelt, foi criado em 27 de junho de 1940 o *National Defense Research Committee* (NDRC), com verbas para o rearmamento e o financiamento da ciência. Essa organização coordenou, supervisionou e realizou investigações científicas, iniciando os estudos das tecnologias mais importantes da Segunda Guerra Mundial: a bomba atômica e o radar. Um ano depois, em 28 de

⁸⁸ *If I were to take any specific boundary point in my career as a journeyman in science and as in some degree an independent master of the craft, I should pick out 1935, the year of my China trip, as that point.*

⁸⁹ Karl Taylor Compton (1887–1954), físico e presidente do *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) entre 1930-1948.

⁹⁰ James Bryant Conant (1893–1978), presidente da Universidade de Harvard de 1933 a 1953. Trabalhou no projeto Manhattan e após a guerra foi consultor da *National Science Foundation* (NSF) e da Comissão de Energia Atômica.

⁹¹ Frank Baldwin Jewett (1879–1949) foi um engenheiro eletricitista e o primeiro presidente da *Bell Telephone Laboratories*. Com o fim da Segunda Guerra Mundial passou a ser consultor civil para assuntos científicos militares.

junho de 1941, foi criado o *Office of Scientific Research and Development* (OSRD), agência do governo federal, que acabou incorporando o NDRC e coordenando as atividades científicas surgidas durante a guerra. Com recursos e fundos ilimitados, a pesquisa e o desenvolvimento eram efetuados pelas Universidades e pelas Instituições Industriais através de contratos firmados com o OSRD. Ele foi organizado como é hoje a *National Science Foundation* (NSF)⁹², criada logo após o término da guerra por recomendação, também, de Vannevar Bush ao presidente. O NDRC, devido à incorporação, passa a exercer o papel de consultoria dentro da nova organização, sendo sua incumbência estabelecer a política de contratos, alocar recursos e monitorar os contratos de pesquisa. À medida que surgiam novas necessidades militares, o NDRC ia se ampliando para atendê-las. No fim da guerra ele era constituído de dezenove divisões, dois painéis de matemática aplicada e três comissões. Nessa organização, as divisões consideradas eram: pesquisa balística, guerra submarina, radar, projéteis especiais, e outras. O Painel de Matemática Aplicada (AMP) se dividia na sede Central e no Grupo de Pesquisa Estatística (SRG) (CHAVES, 2011, p. 24).

Além dos painéis, Bush criou, no início da década de 1940, uma seção denominada de D-2, vinculada ao NDRC, responsável por sistemas de controles. Nessa seção, Wiener trabalhou com sistemas mecânicos, elétricos e computacionais. No período de 1940 a 1945, Wiener desenvolveu, também, estudos no *Statistical Research Group* e no laboratório *Operational Research* da Universidade de Columbia. Participou de uma equipe interdisciplinar no MIT, estudando os aspectos matemáticos de orientação e controle de fogo antiaéreo junto com Bigelow (1913-2003).

Assim, a guerra levou Wiener a focar seus interesses em direções concretas no sentido de resolver os problemas de esforços de guerra. A primeira delas envolveu o controle de fogo antiaéreo onde a informação é processada para calcular o ajuste dos controles do equipamento com o objetivo de otimizar a pontaria. A informação é coletada e comunicada pelo radar, e então, essa nova observação é usada para reajustar a pontaria da arma. Esse desenvolvimento o levou em direção ao estudo da teoria de processos estocásticos⁹³, tendo sido desenvolvida e rigorosamente fundamentada pelo matemático Kolmogorov (1903-1987), em 1933. Em 1937,

⁹² A NSF é uma agência federal, independente, criada pelo congresso americano em 1950, para promover o programa da ciência visando melhorar a saúde nacional, a prosperidade, o bem-estar e garantir a defesa nacional.

⁹³ Ao descrever alguns fenômenos naturais em linguagem matemática, acabamos encontrando as equações diferenciais estocásticas (EDE), que têm importantes aplicações em praticamente todos os ramos da Ciência e Tecnologia. Um dos primeiros estudos de EDE surgidos na literatura foi em 1930, trata-se do modelo de Ornstein – Uhlenbeck para o movimento Browniano, que é o movimento irregular de uma partícula suspensa num fluido. O movimento Browniano tem esse nome em homenagem ao botânico Robert Brown, que em 1827 descreveu os movimentos erráticos de partículas suspensas em líquido. Ainda, o movimento Browniano é conhecido como Processo de Wiener em homenagem a Norbert Wiener, que em 1923 desenvolveu a teoria matemática do movimento. As equações diferenciais estocásticas permitem estudar não somente partículas suspensas em líquido, mas fenômenos tais como: a dispersão de um poluente na água ou no ar, o efeito de ruídos na transmissão de um satélite artificial, a dinâmica de uma ou várias populações de seres vivos quando o ambiente sofre perturbações aleatórias que afetam as suas taxas de crescimentos, o valor de uma opção de compra ou venda e outros.

Wiener foi informado pelo professor Wintner⁹⁴, da universidade Johns Hopkins, sobre um livro de Kolmogorov que abordava a teoria da probabilidade do ponto de vista do movimento aleatório. Esse conhecimento interessava a Wiener e, por isso, escreveu uma carta a Kolmogorov falando da dificuldade de se conseguir um livro russo na América e, em decorrência, da inacessibilidade ao seu trabalho, afirma ainda que gostaria de discutir com ele, por carta, alguns itens e os enumera:

1) A integral de Daniell, incluindo a teoria geral de "boxe in", e a integral em uma discreta infinidade de dimensões, tanto para escolhas finitas em cada dimensão quanto para escolhas contínuas. 2) As teorias de probabilidades numeráveis de Steinhaus, Radamacher, e Borel, junto com seu próprio trabalho e aquele de Paley e Zygmund, aplicando esses métodos à análise funcional. 3) O trabalho recente de Cramer e outros sobre probabilidade na teoria dos números, junto com minhas próprias investigações no problema aleatório Waring. 4) O trabalho do Jessen e Wintner sobre série de Dirichlet com escolhas arbitrárias de sinais. Em particular, eu gostaria de enfatizar o trabalho que eles têm feito sobre a função zeta de Riemann. 5) O meu trabalho sobre o movimento Browniano e espaço diferencial, junto com o teorema de espectro apropriado. 6) Alguns trabalhos novos baseados em pesquisas de von Neumann relacionadas com a distribuição aleatória de pontos em uma variedade mensurável. Essa pesquisa tem aplicação direta a um estudo de Schroteffakt e à constituição de agregados policristalinos. 7) O teorema ergódico, tanto por ele próprio quanto por sua aplicação em futuro trabalho na teoria dos números. 8) probabilidades dependentes e cadeias de Markoff. 9) teoria aleatória em conexão com teoria quântica (WIENER, 1937, tradução nossa)⁹⁵.

Referente à teoria de predição, Wiener não tinha conhecimento dos estudos de Kolmogorov, e já estava trabalhando na sua teoria da predição quando leu um artigo de Kolmogorov no *Comptes Rendus* da Academia Francesa de Ciências. Kolmogorov trabalhou com predição discreta, e não tinha como aplicação o controle de fogo antiaéreo. Ao contrário de Kolmogorov, Wiener trabalhava com variáveis contínuas, o tempo, incluindo abordagens de engenharia tais como filtros para os sinais de radares e métodos para lidar com ruídos e sua teoria tinha como aplicação o controle de fogo antiaéreo.

⁹⁴ Aurel Friedrich Wintner (1903-1958) foi um matemático húngaro. Trabalhou com análise matemática, teoria dos números, equações diferenciais e teoria das probabilidades.

⁹⁵ 1) *The Daniell integral, including the general theory of "boxing in", and the integral in a discrete infinity of dimensions, both for finite choices in each dimension and for continuous choices.* 2) *The Steinhaus, Radamacher, and Borel Theories of denumerable probabilities, together with your own work and that of Paley and Zygmund in applying these methods to functional analysis.* 3) *The recent work of Cramer and others on probability in the theory of numbers, together with investigations of my own on the random Waring problem.* 4) *The work of Jessen and Wintner on Dirichlet series with arbitrary choices of signs. In particular I should like to emphasize the work they have done on the Riemann zeta function.* 5) *My own work on the Brownian motion and differential space, together with the appropriate spectrum theorem.* 6) *Some new work based on researches of von Neumann concerning the random distribution of points in a measurable manifold. This research has direct application to a study of Schroteffakt and to the constitution of polychrystalline aggregates.* 7) *The ergodic theorem, both for its own sake and for the sake of its application to further work in number theory.* 8) *Dependent probabilities and Markoff chains.* 9) *Random theory in connection with quantum theory.*

A teoria matemática de controle de fogo antiaéreo de Wiener foi desenvolvida juntamente com jovens matemáticos como E. J. Akutowicz e P. Masani e com o engenheiro Julian Bigelow. A base teórica foi publicada em um relatório que ficou conhecido como “*yellow peril*” por causa da cor de sua capa ser amarela e de sua matemática incompreensível. Em 1949, essas ideias foram reunidas em um livro intitulado “*Extrapolation, Interpolation, and Smoothing on Stationary Time Series*”. O professor Lee relata a significância desse trabalho para a ciência de engenharia, em:

A teoria de sistemas lineares ótimos, de Wiener, é um marco no desenvolvimento da teoria da comunicação. Foi dada uma unidade na formulação dos problemas de filtragem, predição e outras operações similares pela introdução da ideia de que todos eles têm em comum um *input* e um desejado *output*. Então a minimização de uma medida de erro, a qual está ausente na teoria clássica, foi realizada. A teoria inteira, desde o seu começo até às expressões finais para a função do sistema e o erro quadrático médio mínimo, é inestimável para o engenheiro de comunicação na compreensão de muitos problemas de comunicação, sob nova luz (MASANI, 1990, p. 187, tradução nossa)⁹⁶.

Esse trabalho representou o estudo de um caso especial de mecanismo, o qual possui um dispositivo que consiste em realimentar o sistema com informações sobre o próprio desempenho realizado, a fim de compensar os desvios em relação ao desempenho desejado. Em parte, a cibernética emergiu desse tipo de estudo e a teoria da predição foi um importante protótipo.

Apesar da válvula eletrônica ter sido inventada em 1903, foi só no fim da década de 1930, que foi utilizada na indústria de comunicações. Depois, tudo mudou drasticamente durante a guerra, sob o estímulo da necessidade e do investimento ilimitado de dinheiro. No início da Segunda Guerra Mundial, a necessidade maior era evitar que a Inglaterra fosse derrotada por um ataque aéreo esmagador. Sendo assim, o principal esforço científico, à época, consistiu em aprimorar o canhão antiaéreo em sintonia com o aparelho de detecção de aviões por radar. O radar utilizava as mesmas técnicas de rádio e era natural considerá-lo como um ramo da teoria de comunicação. Nesse período,

⁹⁶ *Wiener's theory of optimum linear systems is a milestone in the development of communication theory ... The problems of filtering, prediction, and other similar operations were given a unity in formulation by the introduction of the idea that they all have in common an input and a desired output. Then the minimization of a measure of error, which is absent in classical theory, was carried out ... The entire theory from its inception to the final expressions for the system function and the minimum mean-square error is invaluable to the communication engineer in the understanding of many communication problems in a new light.*

A par de detectar aviões pelo radar, era necessário abatê-los. Isso envolvia o problema do controle de tiro. A velocidade do aeroplano tornou necessário calcular, à máquina, os elementos da trajetória do míssil antiaéreo, e conferir à própria máquina funções comunicativas de predição, que, anteriormente, tinham sido atribuídas ao ser humano. Dessa forma, o problema do controle de tiro antiaéreo fez com que uma nova geração de engenheiros se familiarizasse com a noção de uma comunicação endereçada à máquina e não ao ser humano (WIENER, 1954, p. 146).

Wiener era fascinado pelo programa de Bush, a construção de máquinas calculadoras. Seu interesse na fabricação de máquinas pensantes tinha começado na faculdade, quando ele estudou as ideias de Leibniz referentes a esse assunto. Esse interesse aumentou substancialmente durante o serviço militar no *Proving Grounds Aberdeen*, durante a Primeira Guerra Mundial. Sua habilidade em dispositivos elétricos e mecânicos, sua experiência em computação, suas habilidades matemáticas e sua formação filosófica fez com que as pessoas comumente o considerassem um cientista à frente de seu tempo, com ideias interessantes sobre qualquer tipo de tema.

Muitos cientistas têm *insights* em momentos ímpares de suas vidas, os quais ficam registrados na história. Sobre a ideia de automatização computacional, Babbage (1791-1871), uma das grandes mentes na história da computação, em situação curiosa revela:

Uma noite, eu estava sentado nas salas da *Analytical Society*, em Cambridge, com minha cabeça inclinada para a frente, em direção à mesa, em uma espécie de estado de espírito sonhador, com uma tabela de logaritmos aberta na minha frente. Um outro membro, entrando na sala e vendo-me meio adormecido, exclamou: “Bem, Babbage, sobre o que você está sonhando?”, ao qual eu repliquei, “eu estou pensando que todas essas tabelas (apontando para os logaritmos) poderiam ser calculadas por máquinas” (MASANI, 1990, p. 162, grifos do autor, tradução nossa)⁹⁷.

Semelhante à Babbage, Wiener também propôs a construção de um computador eletrônico digital para calcular equações diferenciais parciais, com gravação magnética para o armazenamento de dados. O que levou Wiener a fazer tal proposta foi seu trabalho com Bush, no início da década de 1930, envolvendo a construção de máquinas computadoras. Um dos objetivos era mecanizar o cálculo de equações diferenciais parciais, que é fundamental para a física e para um vasto ramo da engenharia. A solução mecânica para essas equações, envolvendo altos graus de aproximação, era uma necessidade vital para o aperfeiçoamento da tecnologia bélica. Outra característica importante da máquina projetada por Wiener foi à

⁹⁷ *One evening I was sitting in the rooms of the Analytical Society at Cambridge, my head leaning forward on the table in a kind of dreamy mood, with a Table of logarithms lying open before me. Another member, coming into the room, and seeing me half asleep, called, "Well, Babbage, what are you dreaming about?" to which I replied, "I am thinking that all these Tables (pointing to the logarithms) might be calculated by machinery."*

utilização da escala binária, em vez da decimal, para a representação de números. Também utilizada por von Neumann. Os novos problemas exigiam máquinas de alta velocidade, e

Isso me sugeriu que o futuro das máquinas de computação de alta velocidade, para esses objetivos particulares, não poderia estar no modelos de Bush, os quais representavam quantidades físicas por quantidades elétricas ou mecânicas, mas o contrário, em alguma enorme extensão dos computadores de mesa, funcionando como eu tenho dito, numa escala binária em vez de decimal (WIENER, 1966, p. 232, tradução nossa)⁹⁸.

Referente a seu projeto, Wiener afirma mais tarde:

Recentemente conversei com um amigo da Companhia IBM com relação às atuais práticas em máquinas de computação de alta velocidade e, em particular, naquelas que trabalham de acordo com o que é agora conhecido como método de Monte Carlo, resolvendo equações diferenciais parciais por um processo de média extrema e frequentemente repetitivo. Aparentemente, os aparelhos que eu sugeri em 1940 são, concretamente, aqueles que agora são empregados (WIENER, 1966, p. 238, tradução nossa)⁹⁹.

Foi essa proposta que ele apresentou à Vannevar Bush. De acordo com Wiener (1966), Bush achou suas ideias viáveis, porém, não relevantes para aquele momento de guerra. Sugeri a ele que pensasse nessas ideias depois da guerra, e que sua atenção fosse direcionada para coisas mais práticas e imediatas.

Como a ideia de Wiener havia sido descartada, ele começou a pensar em outras atividades que poderiam ser úteis para aquele momento de guerra. Wiener (1966), conta que, quando criança, o controle de fogo era prática de baterias costeiras e de navios de guerra, ou seja, de plataformas de armas onde o movimento para o alvo era extremamente lento, aumentando as chances de o alvo estar fora do alcance efetivo quando o tiro fosse disparado.

Semelhante a esse problema, é o controle de fogo antiaéreo. A arma deve ser apontada para uma posição futura do avião, além dos limites conhecidos, sendo que sua trajetória deve ser observada no passado, antes de o tiro ser disparado. O problema de predição da posição futura de um avião é o que os matemáticos denominam de problema de extrapolação. A extrapolação deve ser feita por um computador de alta velocidade; resumidamente, a tabela de

⁹⁸ *This suggested to me that the future of high-speed computing machines for these particular purposes could not lie in Bush's models, which represented physical quantities by electrical or mechanical quantities, but rather in some enormous extension of the ordinary desk computer, working as I have said, on a scale of two rather on a scale of ten.*

⁹⁹ *I have recently talked with a friend at IBM company concerning present practices in high-speed computing machines, and in particular in those which work according to what is now known as the Monte Carlo method, solving partial differential equations by an extremely often repeated process of averaging. Apparently the devices I suggested in 1940 are substantially those which are now employed.*

cálculo do artilheiro deve ser substituída pelos dados fornecidos por um radar, rastreando um avião.

Em 1940, trabalhando com Nars S. H. Caldwell na D-2, Wiener resolveu colocar essas ideias em praticas. Primeiro,

Wiener simulou uma rede de predição elétrica no *differential analyser* do MIT, que apontou resultados encorajadores. Caldwell, que estava começando como membro do D-2, submeteu uma proposta para Wiener construir uma rede “antecipadora”. D-2 fez um contrato, Projeto 6, em 01 dezembro de 1940, “*General Mathematical Theory of Prediction and Applications*”. Wiener, então, contratou um pesquisador assistente, o engenheiro eletricitista Julian Bigelow (MINDELL, 2002, p. 278, tradução nossa)¹⁰⁰.

Julian Bigelow era um jovem engenheiro que trabalhara na *International Business Machines*. Foi designado para trabalhar com Wiener nesse projeto, o primeiro de muitos trabalhos que realizariam juntos. Iniciaram-no fazendo considerações sobre as trajetórias possíveis de um avião. Depois de muitas simulações, a questão era a seguinte: o que eles poderiam fazer para melhorar a predição se erros de inexatidão e de previsão ocorrem. A resposta de Wiener e Bigelow para esse problema foi fundamentar sua teoria sobre uma base estatística e,

Isso significa que nós consideramos o quadrado do erro da predição toda vez, ou em outras palavras, o quadrado da diferença entre o valor previsto e o valor verdadeiro. Então, consideramos a média disso sobre o tempo total do funcionamento do aparelho. Essa média do erro ao quadrado era o que nós estávamos tentando minimizar. Portanto, podíamos estabelecer o problema da predição como um problema de minimização e dar a ele uma forma matemática definida, uma vez que fizéssemos certas suposições referentes às estatísticas de curvas s serem previstas (WIENER, 1966, p. 245, tradução nossa)¹⁰¹.

Como citado no parágrafo anterior, utilizou o Método dos Mínimos Quadrados de Gaus para desenvolver o estudo do previsor antiaéreo, uma vez que Wiener acabou por envolver-se com problemas de minimização, trabalhando com dados estatísticos e fornecendo também a estatística de erro.

¹⁰⁰ Wiener simulated an electrical prediction network on MIT's differential analyzer, which gave encouraging results. Caldwell, who was then beginning as a member of D-2, submitted a proposal for Wiener to build an “anticipator” network. D-2 let a contract, Project 6, on 01 December 1940 for “*General Mathematical Theory of Prediction and Applications*.” Wiener then hired a research assistant, the electrical engineer Julian Bigelow.

¹⁰¹ This means that we took the square of the error of prediction at each time, or in other words, the square of the difference between the predicted value and the true value. We then took the average of this over the whole time of the running of the apparatus. This average of the square error was what we were trying to minimize. Thus we could set up the prediction problem as a minimization problem and give it a definite mathematical form once we made certain assumptions concerning the statistics of curves to be predicted.

De acordo com Wiener (1966), o ramo da matemática que lida com minimização de quantidades associadas com curvas é conhecido como cálculo de variação e tem técnicas bem conhecidas. Em muitos casos, a minimização consiste em resolver certas equações diferenciais, mas, há casos em que as equações são aproximadas pela minimização de equações integrais. Esse último caso consistiu na solução para o seu problema. Para Wiener, o fato curioso é que “[...] as equações integrais estavam bem dentro do meu campo de interesses; mas a maior sorte foi que a equação integral particular à qual o problema conduz é uma ligeira extensão daquela que tinha sido considerada por Eberhard Hopf¹⁰² e eu” (WIENER, 1966, p. 245, tradução nossa)¹⁰³.

Assim, os problemas de minimização de sua teoria o levaram à equação Hopf-Wiener. Para Wiener (1966), equações desse tipo têm ampla aplicabilidade e envolvem situações em que uma barreira separa dois regimes diferentes, sendo que um deles pode influenciar o outro, mas não vice-versa. Por exemplo, em radiação estelar a barreira é a superfície do núcleo no qual as condições internas influenciam as externas. Da mesma forma que a bomba atômica, que é essencialmente o modelo de uma estrela, a superfície da bomba marca uma mudança entre o regime interno e o externo.

No manuscrito de seu artigo intitulado “*High Speed and Secular Phenomena in Computing Machines*”, Wiener aborda os aspectos computacionais dessas ideias e afirma que: “o processo de predição, como nós temos descrito, consiste em um processo real de pura predição sobre a máquina de computação, o qual é dado pelo *output* da máquina analógica” (WIENER, 1953, p. 2, tradução nossa)¹⁰⁴. O avanço fundamental dessas ideias relaciona-se ao vasto campo de analogias que propiciou, por exemplo que, “o sistema nervoso humano é melhor descrito, talvez como um mecanismo digital, cujo registro é determinado por um mecanismo analógico” (WIENER, 1953, p. 4, tradução nossa)¹⁰⁵.

Em julho de 1942, Wiener e Bigelow apresentaram seu protótipo do previsor antiaéreo para Weaver e para os membros da D-2¹⁰⁶. Um dos membros, Stibitz¹⁰⁷, ao operar o

¹⁰² Eberhard Hopf (Austria, 1902-1983), matemático austríaco ficou conhecido por elaborar um artigo seminal de teoria ergódica.

¹⁰³ [...] for me, for integral equations were well within my field of interest; but the even luckier thing was that the particular integral equation to which the problem leads is a slight extension of the one which had been considered by Eberhard Hopf and myself.

¹⁰⁴ The process of prediction as we have described it consists of an actual process of pure prediction on the computing machine whose is given by the output of an analogical machine.

¹⁰⁵ The human nervous system is perhaps best described as a digital mechanism whose taping is determined by an analogical mechanism.

¹⁰⁶ D-2 Uma das divisões do National Defense Research Committee.

¹⁰⁷ George Stibitz (1904-1995) foi um engenheiro eletrônico e inventor estadunidense que trabalhou na Bell Labs.

dispositivo ficou impressionado com a *performance* e disse: “isso me deu a sensação de ter minha mente lida” (MINDELL, 2002, p. 280, tradução nossa)¹⁰⁸. Na visão de Weaver, não sei “[...] se isso é um milagre útil ou um milagre inútil. Norbert Wiener, antes de mais nada, estava tentando construir uma máquina para prever um futuro incerto, um futuro sob o controle de um piloto inimigo, tentando escapar com vida” (MINDELL, 2002, p. 280, tradução nossa)¹⁰⁹.

O projeto de Wiener estava em andamento há quase dois anos sem aplicações práticas eficazes. No final de 1942, a Divisão D-2 foi incorporada pela D-7 e Weaver informou à nova direção que o previsor de Hendrik Bode denominado “*curved flight*” tinha apresentado resultados mais eficazes que o de Wiener. Diante de tal situação, no final de 1942 seu contrato foi encerrado. Uma comparação quantitativa dos métodos utilizados nesses projetos evidenciou a superioridade do projeto de Wiener, o qual se tornou inviável devido à sua complexidade diante do escasso tempo que tinha para desenvolvê-lo. Wiener foi trabalhar nessa nova divisão, D-7, com projetos industriais, e Bigelow foi trabalhar com estatística de controle de fogo.

Apesar de a máquina de predição de Wiener e Bigelow, cujo objetivo era determinar a eficácia do fogo de artilharia antiaérea, não ter sido finalizada, Weaver e a D-2 reconheceram a importância das ideias utilizadas na sua construção. Em 1944, Weaver relatou que vários conceitos e métodos utilizados por Wiener e Bigelow, na sua teoria de predição, foram significativos para o grupo de controle de fogo do NDRC, para resolver vários problemas de esforço de guerra. Ainda assim,

Wiener e Bigelow fizeram usos inovadores e de uma complexidade sem precedentes dos teoremas ergódicos e das equações integrais, o que foi descrito como uma revolução na engenharia de comunicações (computacional). Durante os anos finais da guerra, essa revolução detonou avanços significativos no design, produção e emprego estratégico de armas antiaéreas e de equipamento de bombardeio de precisão. Depois da guerra, ela iria mudar todo um modo de vida (PFOHL, 2001, p. 107).

Wiener e Bigelow destacaram que o mais importante desse trabalho foi que as ideias desenvolvidas proporcionaram métodos efetivos para o estudo e controle de sistemas intrinsecamente mais complexos como, por exemplo, o humano. “A cibernética dificilmente

¹⁰⁸ *It gave me the feeling of having my mind read.*

¹⁰⁹ [...] *whether this is a useful miracle or a useless miracle. Norbert Wiener, after all, was trying to build a machine to predict an uncertain future, one under the control of an enemy pilot trying to escape with his life.*

pode deixar de interessar a um psiquiatra voltado para questões científicas, pois estuda justamente as funções próprias do cérebro. Faz perguntas do tipo: quanta informação o cérebro recebeu?; quais as combinações formadas pelos sinais?” (ASHBY, 1973, p. 191).

Para ambos, as causas do insucesso do previsor antiaéreo podem ser atribuídas às previsões estatísticas limitadas do comportamento do piloto e das rotas de voo. No plano da engenharia de comunicação

[...] já havia ficado claro para o Sr. Bigelow e para mim que os problemas de engenharia de controle e de engenharia de comunicação eram inseparáveis, e que eles não centravam em torno da técnica da engenharia elétrica, mas em torno da noção muito mais fundamental da mensagem, fosse essa transmitida por meios elétricos, mecânicos ou nervosos. A mensagem é uma sequência discreta ou contínua de eventos mensuráveis distribuídos no tempo - precisamente o que é chamado uma série temporal pelos estatísticos (WIENER, 1961, p.8-9, tradução nossa)¹¹⁰.

Sendo assim, outra aplicação do trabalho de Wiener e do seu grupo liga-se ao tratamento estatístico dos problemas de comunicação e à sua formalização teórica. O conceito de prever o futuro de uma mensagem com um ruído perturbador, com base nas estatísticas simultâneas de ocorrências de ruído e mensagem, acabou por conter em si as ideias de seu trabalho sobre o previsor antiaéreo.

A teoria da informação de Claude E. Shannon¹¹¹, escrita em 1948, está ligada à teoria de transmissão de sinal desenvolvida por Wiener e Bigelow. Antes do trabalho de Wiener, ninguém pensava na teoria da comunicação em termos probabilísticos. Shannon introduziu o conceito de quantidade de informação que é, também, probabilístico, e envolveu um formalismo semelhante ao da entropia em mecânica estatística. Boltzmann, na sua teoria dos gases, define entropia como uma medida estatística de desordem molecular. Quando a energia é degradada, o átomo passa a um estado de maior desordenação, a entropia é uma medida dessa desordem. O conceito de entropia é um conceito nuclear na teoria Cibernética e será abordado mais detalhadamente em outros capítulos.

¹¹⁰ [...] it had already become clear to Mr. Bigelow and myself that the problems of control engineering and of communication engineering were inseparable, and that they centered not around the technique of electrical engineering but around the much more fundamental notion of the message, whether this should be transmitted by electrical, mechanical, or nervous means. The message is a discrete or continuous sequence of measurable events distributed in time – precisely what is called a time series by the statisticians.

¹¹¹ A teoria da informação é um ramo da matemática que estuda quantificação da informação. Essa teoria teve seus pilares estabelecidos por Claude Shannon (1948) que formalizou conceitos com aplicações na teoria da comunicação e estatística. A teoria da informação foi desenvolvida originalmente para compressão, transmissão e armazenamento de dados.

As experiências científicas, compartilhadas por cientistas de diversas áreas, durante esse período, fez com que um grupo deles se reunisse, com o apoio da Fundação Josiah May, para discutir assuntos de interesse comum. Em 1943, eles decidiram criar a *Teleological Society*. Eram liderados por von Neumann e Wiener e faziam parte dessa sociedade engenheiros, teóricos da computação e fisiologistas, dentre eles Rosenblueth e McCulloch. Também faziam parte desse grupo Pitts, Bigelow e os construtores dos computadores Mark I e Eniac, respectivamente, Dr. Aiken¹¹² de Harvard, Dr. H. Goldstine¹¹³ da Universidade da Pensilvânia. Para esse grupo, os trabalhos desenvolvidos até então, tais como máquinas computadoras, predição e filtragem, envolviam conceitos que abarcavam várias áreas da ciência e, assim, constituíam um novo campo interdisciplinar da atividade científica.

A origem do nome dessa sociedade pode ser compreendida por meio de correspondência endereçada aos membros desse grupo, na qual,

O Professor Wiener e o Comandante Aiken fizeram a sugestão na tentativa de que o grupo seja conhecido como a *Teleological Society*. A teleologia é o estudo do objetivo da conduta, e parece que uma grande parte de nossos interesses são dedicados, por um lado, ao estudo de como o objetivo é observado na conduta humana e animal, e por outro lado, como o objetivo pode ser imitado por meios mecânicos e elétricos. Se esta sugestão encontrar a aprovação do grupo, e se, em qualquer estágio, parecer desejável para nós patrocinar um periódico, então um nome apropriado poderia ser *Teleology*, ou estamos contemplando uma internacional Teleologia. Essa sugestão é feita sem nenhum desejo de pressionar o grupo, mas simplesmente dar aos membros algo para pensar (TELEOLOGICAL ..., 1944, p.1, tradução nossa)¹¹⁴.

A colaboração com Rosenblueth e Bigelow foi um marco importante no desenvolvimento das ideias cibernéticas e esta deixou-nos importantes documentos tais como o artigo, escrito em 1943, intitulado “*Behavior, Purpose and Teleology*”. Wiener chamou de sistemas teleológicos, os sistemas cibernéticos cujo funcionamento pode ser descrito como orientado a um fim.

¹¹² Howard Aiken (1900-1973) foi um físico, pioneiro na área da computação e projetou o primeiro computador eletro-mecânico denominado de MARK I, em 1937.

¹¹³ Herman Heine Goldstine (1913-2004) foi um matemático e cientista estadunidense, um dos desenvolvedores do primeiro Computador eletrônico digital o ENIAC.

¹¹⁴ *Professor Wiener and Commander Aiken make the tentative suggestion that the group be known as the Teleological Society. Teleology is the study of purpose of conduct, and it seems that a large part of our interests are devoted on the one hand to the study of how purpose is realized in human and animal conduct and on the other hand how purpose can be imitated by mechanical and electrical means. If this suggestion should meet the approval of the group and if at any stage it appears desirable for us to sponsor a periodical, then an appropriate name might be Teleology or we are contemplating an international Teleologia. This suggestion is made without any desire to force the hands of the group and simply to give the members something to think about.*

Antes mesmo de a guerra terminar, os estudos de Wiener provocaram um poderoso movimento intelectual, e vários cientistas estavam preocupados com diferentes abordagens para o assunto. Essa preocupação é expressa em uma carta de von Neumann para Wiener:

Estarei em Harvard no dia 4 de dezembro para o ad hoc *Reviewing Committee Meeting*. Espero estar livre toda a tarde pois não tenho nenhum compromisso, exceto que gostaria de fazer uma breve visita a Aiken. Você estará em Cambridge nesse dia e poderíamos nos encontrar? Há um assunto referente a nossos interesses comuns em “*Teleology*” que estou ansioso para discutir com você. Um número de coisas que aprendi ultimamente sobre organismos muito pequenos (vírus e bacteriófagos) e sobre moléculas muito grandes (proteínas) me parece extremamente relevante a este respeito – talvez, mesmo mais relevante do que poderíamos considerar sobre essas coisas, e também sobre as várias técnicas experimentais relacionadas com elas, as quais estão em primeiro plano. Poderíamos planejar passar a tarde ou a noite de 04 de dezembro juntos? (NEUMANN, 1946, p. 1, tradução nossa)¹¹⁵.

Os conceitos trabalhados por Wiener durante a Segunda Guerra Mundial, tais como entropia, *feedback*, comunicação, aprendizagem, informação e controle começaram a dar forma àquilo que, mais tarde, seria chamado de Cibernética. Logo essas ideias começaram a ser discutidas em âmbitos mais amplos, com aplicações de métodos lógicos e computacionais ao estudo da psicologia, fisiologia, etc. Talvez o avanço mais importante promovido pela cibernética tenha sido a descoberta do que significa, com exatidão, uma máquina, pois,

[...] matemáticos, como Kurt Gödel e Alan Turing, começaram a revelar a até então desconhecida extensão do que as máquinas poderiam ser levadas a fazer. Essas duas correntes de pensamento só começaram a emergir na década de 1940, quando Warren McCulloch e Walter Pitts começaram a mostrar como as máquinas poderiam ser feitas para ver, raciocinar e recordar (MINSKY, 1989, p. 19).

Assim, a segunda guerra mundial foi um divisor de águas para a prática da ciência, marco de muitas mudanças em vários setores do conhecimento. Uma dessas transformações concerne à mudança conceitual, cuja ênfase passou a ser nos processos de informação e organização, os quais têm relação direta com a linguagem que permitiria a comunicação entre

¹¹⁵ *I will be at Harvard on December 4 for an ad hoc Reviewing Committee Meeting. I expect to be free all of the afternoon and I have no obligations, except that I would like to pay a short visit to Aiken. Will you be in Cambridge on that day and could we get together? There is a matter concerning our common interests in “Teleology” that I am very anxious to discuss with you. A number of things I have lately learned about very small organisms (viruses and bacteriophages) and about very great molecules (proteins) seem to me exceedingly relevant in this respect – possible even more relevant than we ought to take about these things, and also about the various experimental techniques connected with them, which are very much in the foreground. Could we plan on spending the afternoon or the evening of December 4 together?*

diferentes sistemas - entre o homem e as máquinas, entre as máquinas e o homem, e entre a máquina e a máquina.

2.7 Cibernética: após o término da Segunda Guerra Mundial

Com o fim da Segunda Guerra Mundial, Wiener passou a olhar os problemas militares, com os quais esteve envolvido, sob uma nova perspectiva. Nessa época, tornou-se um membro ativo de um grupo de pesquisadores, denominado *Teleological Society*, constituído ainda durante a guerra. No entanto, as dificuldades encontradas no período pós-guerra tornaram as reuniões do grupo mais escassas, o que levou Wiener a intensificar sua colaboração com os estudos de Rosenblueth, um fisiologista húngaro, formado pela Sorbone e que trabalhava com Walter Cannon na *Harvard Medical School*. Essa colaboração resultou em uma série de importantes publicações nos campos da medicina e da biologia. Além do grupo citado, Wiener participava, assiduamente, dos seminários interdisciplinares sobre método científico, organizados por Rosenblueth na escola de medicina de Harvard, no contexto do *Philosophy of Science Club*.

No fim de 1944, Arturo Rosenblueth regressou ao México e, tempos depois, Wiener foi convidado a participar do encontro da Sociedade Mexicana de Matemática, em Guadalajara, que aconteceu em junho de 1945. O convite foi reforçado pelos seus amigos mexicanos, Rosenblueth e por Vallarta. Wiener foi a esse encontro, permanecendo no México por dez semanas, pois ele e Rosenblueth resolveram dar continuidade a uma linha de pesquisa, na área de fisiologia, cujo assunto fora discutido anteriormente. Desse modo, Wiener pode saciar suas curiosidades biológicas que o dominaram em 1912, quando teve que trocar o curso de Zoologia pelo de Filosofia.

Essa pesquisa era estimulada pelo Dr. Walter B. Cannon, cujo objetivo central era entender como as contrações musculares, durante uma convulsão epilética, são conduzidas aos músculos cardíacos. Esse estudo deu origem ao artigo, “*The mathematical formulation of the problem of conduction of impulses in a network of connected excitable elements, specifically in cardiac muscle*”, publicado em 1946. O mesmo interesse que levou Wiener a se envolver com a lógica matemática o levou, ao mesmo tempo, à mecanização dos processos de pensamento, pois entendia que os processos das máquinas representam um modelo ideal dos problemas que surgem no sistema nervoso. As ideias centrais da cibernética surgem do uso intenso dessas analogias entre máquinas e animais, e as considera não como um objetivo

em si, mas como meio de satisfazer as necessidades do homem, como parte de um sistema humano-máquina (WIENER, 1970).

No verão de 1946, o Dr. McCulloch¹¹⁶, que tinha interesses no estudo da organização do córtex cerebral, acertou com a instituição Josiah Macy Foundation¹¹⁷ para organizar e patrocinar uma conferência e esta acabou sendo a primeira de uma série de outras dez conferências que aconteceram entre os anos de 1946 a 1953. A primeira foi dedicada aos problemas de *feedback*, sob o título “*Feedback Mechanisms and Circular Causal Systems in Biological and Social Systems*”. A ideia desse encontro foi reunir um grupo de pesquisadores de várias áreas, dentre os quais a grande maioria integrava a *Teleological Society*, liderada por von Neumann e Wiener. Os encontros posteriores ficaram conhecidos como *The Macy Conferences*.

O Dr. McCulloch e Fremont Smith observaram as implicações psicológicas e sociológicas que o tema propiciava, pois quem estuda o sistema nervoso não pode esquecer a mente e quem estuda mente não pode esquecer o sistema nervoso. Sendo assim, eles resolveram convidar, para que participassem do grupo, renomados psicólogos tais como: o professor Klüver, da Universidade de Chicago, o Dr. Kurt Lewin, do MIT e o Dr. M. Ericsson, de Nova York.

A importância da informação e da comunicação como mecanismos de organização vão muito além da interação do indivíduo na sociedade. Como exemplifica Wiener (1961), é impossível entender comunidades sociais, como as da formiga, sem uma investigação aprofundada de seus meios de comunicação, sendo a premissa verdadeira também para os problemas similares de organização humana. Assim, sociólogos e antropólogos foram convidados a participarem desses encontros; vale destacar a participação dos antropólogos Dr. Gregory Bateson e Dra. Margaret Mead. O conselheiro no campo da organização social foi o convidado Dr. Morgenstern, que tinha acabado de lançar o livro “*Teory of Games and Economic Behavior*” escrito em parceria com von Newmann. A significação filosófica desses encontros, patrocinados pela *Josiah Macy Foundation*, interessou o Dr. Northrup, que passou a fazer parte desse grupo. Os nomes citados não esgotam todos os membros que participaram dessas conferências; integram essa lista engenheiros e matemáticos como Bigelow.

Após o primeiro encontro, foi feita uma avaliação, por todos os participantes, referente à importância desse novo campo. A opinião aferida exaltou a importância das ideias

¹¹⁶ McCulloch (1898-1969) foi um neuroanatomista, psiquiatra da faculdade de Medicina da Universidade de Illinois e cibernético americano.

¹¹⁷ Josiah Macy Foundation, organização filantrópica dedicada aos problemas decorrentes da inibição do sistema nervoso.

subjacentes à cibernética, e decidiram que, antes do segundo encontro, que aconteceria dali a seis meses, seria necessário realizar outro com o objetivo de explicar a natureza dos conceitos matemáticos que envolviam essas ideias, para as pessoas menos esclarecidas nessa área.

John von Neumann estava cada vez mais envolvido com as ideias cibernéticas de Wiener. Essas duas grandes mentes tinham muito em comum, apesar das diferenças. Neumann, em suas apresentações, era claro e convincente, enquanto as ideias de Wiener, muitas vezes, eram difusas e quase incompreensíveis. O início do desenvolvimento intelectual de ambos começou com os fundamentos da matemática. Wiener, por meio do “*Principia Mathematica*”, e von Neumann, por meio da teoria dos conjuntos de Hilbert¹¹⁸. Ambos deixaram contribuições significativas nessa área. Tanto Wiener quanto von Neumann sentiram atração irresistível pela física e avançaram seus estudos para as fronteiras dessa ciência, criando e buscando novas formulações matemáticas para lidar com a realidade.

Wiener deu início aos estudos físicos, perscrutando a teoria de Einstein-Moluchowski do movimento browniano, e von Neumann, a mecânica quântica do átomo de Heisenberg. Na área da matemática, ambos a levaram à complexa sofisticação. Wiener com sua Análise harmônica generalizada e o seu teorema tauberiano, prenunciando o estudo das álgebras de Banach¹¹⁹; von Neumann, com sua teoria conhecida como álgebras de von Neumann. Durante a Segunda Guerra Mundial, realizaram estudos para projetos militares. Wiener dedicou-se à balística e von Neumann se viu envolvido com o Projeto Manhattan, cujo objetivo era a construção da bomba atômica. Ambos tinham um grande interesse em eletrônica, mais especificamente a eletrônica dos computadores. Wiener, desde a sua associação com Vannevar Bush na construção de seu analisador diferencial, e von Neumann, desde o início da guerra.

Sendo assim, pontua Masani (1990), foi inevitável que, mais cedo ou mais tarde, houvesse uma interação profícua entre ambos. Wiener sempre demonstrou interesses nas obras de von Neumann, a começar com seu teorema ergódico, publicado em 1931. Neumann, por sua vez, concordava com o ponto de vista teleológico de Wiener, e reconhecia a proximidade do cérebro humano com os sistemas de computadores. A correspondência entre ambos se iniciou em 1943 e só terminou com a debilidade da saúde de von Neumann, em 1950.

¹¹⁸ Para saber mais sobre a Teoria dos conjuntos de von Neumann consultar:

<<https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/17984/1/ClaudiaFCKT.pdf>>. Acesso em 28 de julho de 2016.

¹¹⁹ O estudo das Álgebras de Banach combina conceitos de Álgebra Linear e Teoria dos Anéis (espaços vetoriais, transformações lineares, anéis etc.) com conceitos de Espaços Normados, abrindo um leque de opções para temas de um futuro estudo tanto na área de Álgebra como na área de Análise.

Wiener e von Neumann eram homens de enorme vitalidade científica, complementada por uma aguçada sensibilidade. Desse modo, suas visões se estenderam muito além da filosofia, da matemática, da física e da tecnologia. Seus estudos sobre a fisiologia do cérebro e muitos outros temas discutidos, primeiro, na *Teleological Society* e, depois, nas Conferências Macy, os envolveram.

A biologia molecular foi outro tema bastante frutífero sugerido a Wiener por von Neumann. No capítulo anterior, referencia-se a uma carta escrita por Neumann e endereçada a Wiener, na qual este descreve sua ansiedade para discutir com Wiener assuntos de interesses comuns, propondo um encontro agendado para quatro de dezembro. Antes desse encontro, Neumann resolveu antecipar o assunto e, em 26 de novembro, escreveu outra carta, cuja versão do conteúdo está transcrita a seguir:

Esta carta representa um esforço para fazer melhor o que considerei em minha carta de 25 de novembro, na qual propus que poderíamos nos encontrar na tarde ou noite de 4 de dezembro, em Cambridge, e indiquei, apenas vagamente, qual o assunto que eu gostaria de discutir com você. Estou, agora, tentando dar-lhe de antemão uma noção mais detalhada, esperando que isso torne a nossa discussão, em 4 de dezembro, mais específica. Nossos pensamentos – eu quero dizer, os seus, os de Pitts e os meus – estavam de tal modo focados na neurologia e, mais especificamente, no sistema nervoso humano, e aí principalmente no sistema nervoso central. Portanto, tentando compreender a função dos autômatos e os princípios gerais que os governam, nós selecionamos, para ação imediata, literalmente o objeto mais complicado sob o sol. Apesar de sua fantástica complexidade, esse assunto tem rendido informações muito interessantes devido aos esforços de Pitts e McCulloch, de Pitts, Wiener e Rosenblueth. Nosso pensamento – ou pelo menos o meu – sobre o assunto total dos autômatos, seria muito mais confuso do que é, caso esses esforços extremamente ousados – sobre os quais eu gostaria de pôr alguém a par da tese não neurológica de A. Turing – não tivessem sido feitos. No entanto, penso que esses sucessos não deveriam nos cegar quanto às dificuldades do assunto, dificuldades as quais, penso, permanecem agora – se não mais – tão proibitivas como nunca. As dificuldades são tão óbvias que quase não precisam ser mencionadas: elas residem na complexidade excepcional do sistema nervoso humano, e, de fato, de qualquer sistema nervoso. Parece-me que, o que vale a pena enfatizar é, no entanto, que depois que a grande contribuição positiva de Turing – cum – Pitts – e – Mc-Culloch for assimilada, a situação, em vez de melhorar vai piorar. De fato, esses autores demonstravam numa absoluta e desanimadora generalidade, que qualquer e todo Brouwerian pode ser feito por um mecanismo adequado e, especificamente, por um mecanismo neural – e que mesmo um mecanismo definido pode ser “universal”. Invertendo o argumento: nada que possamos saber ou aprender sobre o funcionamento do organismo pode dar, sem o trabalho citológico “microscópico”, quaisquer pistas com relação a posteriores detalhes do mecanismo neural. Sei que isto era bem conhecido por Pitts, que o “nada” não é inteiramente justo, e que isto deveria ser aceito com uma adequada dose de sal, mas eu acredito que você partilhe comigo o tipo de frustração que eu estou tentando expressar (H. N. Russel costumava dizer ou citar, que se o astrofísico descobrisse uma teoria geral, uniformemente corroborada, sua exclamação deveria ser “Frustrado novamente”, já que nenhum experimento crucial poderia emergir). Depois destes resultados devastadoramente gerais e positivos a pessoa é, portanto, atirada de volta ao microtrabalho e à citologia – onde dever-se-ia ter permanecido desde o começo. (É lógico que esse “permanecido lá” é altamente figurativo no meu

caso, já que nunca estive lá.) Entretanto, quando estamos naquele campo, a complexidade do assunto é intimidante. Compreender o cérebro com métodos neurológicos parece-me tão promissor quanto querer compreender o ENIAC sem dispor de nenhum instrumento menor que cerca de 2 pés através de seus órgãos críticos, sem métodos de intervenção mais delicados que lidar com mangueiras de incêndio (embora pudesse-se enchê-la com querosene ou nitroglicerina em vez de água) ou derrubar paralelepípedos no circuito. Além disso, o sistema nem mesmo é digital (isto é: neural): está intimamente conectado a um sistema analógico muito complexo (isto é: humoral ou hormonal), e quase todo *feedback loop* atravessa os dois setores, se é que não atravessa o mundo “exterior” (isto é: o mundo do lado de fora da epiderme ou dentro do sistema digestivo) também. E contém, mesmo em sua parte digital, um milhão de vezes mais unidades que o ENIAC. E nossas possibilidades intelectuais, relativamente a ele, são mais ou menos tão boas como alguém frente ao ENIAC, caso tal pessoa nunca tenha ouvido falar de nenhuma parte da aritmética. É verdade que nós sabemos um pouco sobre as síndromes de alguns colapsos, mas isto não é muito. Minha descrição é intencionalmente exagerada e depreciativa, mas você não acha que há um elemento de verdade nela? Seguinte: Se nós consideramos organismos inferiores ao homem com 10^{10} neurônios, até formigas com 10^6 neurônios, nós perdemos quase tanto quanto ganhamos. Enquanto há uma simplificação quanto à parte digital (neural) a parte analógica (humoral) fica menos acessível, os mal funcionamentos típicos menos conhecidos, o assunto menos articulado, e nossas possibilidades de comunicação com ele torna-se cada vez mais pobre em conteúdo. Além disso: duvido que a teoria da “Gestalt”, ou quaisquer teorias verbais serão de alguma ajuda. O sistema nervoso central é complicado, e, portanto, seus atributos e características têm todo direito de ser complicados. Não devemos permitir que nossa familiaridade com ele, por meio da consciência subjetiva, nos engane, levando-nos a ilusões a esse respeito. O que devemos fazer então? Eu não teria me abandonado a um discurso crítico tão negativo se não acreditasse ver uma alternativa. De fato, tenho experimentado, por boa parte de um ano agora, todas essas dúvidas, e não falei sobre elas porque eu não tinha ideia sobre o que se poderia dizer em um sentido positivo. Acho, agora, que há algo positivo a ser dito, e gostaria de indicar em que sentido o vejo. Sinto que nós temos que nos voltar para sistemas mais simples. É uma falácia, caso se argumente que, porque o neurônio é uma célula (de fato, parte de seu envoltório isolante individual é multicelular), devemos considerar apenas organismos multicelulares. A célula é claramente um excelente “componente padrão”, altamente flexível e adequado para diferenciação em forma e em função, e os organismos superiores a usam livremente. Mas sua autorreprodutividade indica que ela tem, em si mesma, alguns dos atributos decisivos dos organismos integrados, e algumas células (por exemplo: os leucócitos) são autocontidos, seres completos. Isto, por si mesmo, deveria fazer com que ficassemos desconfiados ao selecionar as células, como os conceitos básicos “indefinidos” de uma axiomatização. Para manter os pés no chão: considere, em qualquer campo de tecnologia, o estado dos assuntos que é caracterizado pelo desenvolvimento de “componentes padrão” altamente complexos, os quais são ao mesmo tempo individualizados, bem adequados para produção em massa, e (apesar do seu caráter “padrão”) bem adequados para diferenciação proposital. Este é, claramente, um último estilo, altamente desenvolvido, e não o ideal para um primeiro acesso feito alguém estranho ao assunto, para um esforço em direção à compreensão. Visando à compreensão do assunto, é muito melhor estudar uma fase anterior de sua evolução, precedendo o desenvolvimento desta importante padronização com diferenciação. Isto é, estudar a fase na qual esses componentes “elegantes” não aparecem ainda. Isso é especialmente verdadeiro se há razão para já suspeitar de mecanismos ou organismos nas primeiras etapas, os quais exibem os traços mais específicos dos representantes mais simples do acima mencionado “último” estágio. Ora os organismos menores que os celulares, do tipo vírus ou bacteriófagos possuem as características de qualquer organismo vivo: eles são autorreprodutivos, e são capazes de se orientar em um meio desorganizado, mover-se em direção ao alimento, apropriar-se dele e usá-lo. Consequentemente, uma “verdadeira” compreensão desses organismos pode ser o primeiro passo relevante e, possivelmente, o maior passo que poderia, de fato, ser requerido. Entretanto, eu

denominaria como compreensão “verdadeira” a interpretação mais rigorosa possível: isto é, compreender o organismo no sentido idêntico ao qual se possa querer compreender um desenho detalhado de uma máquina, isto é descobrir onde cada porca e parafuso individuais estão localizados, etc. Parece que isto não é de todo impossível. Um bacteriófago típico, o qual pode ser multiplicado à vontade (e, portanto, “contado” – pelas colônias que forma em um substrato adequado – tão confiavelmente como partículas elementares podem ser “contadas” por um contador Geiger) é um fagócito que é parasítico, penso no *Bacillus Coli*. Tem-se trabalhado extensivamente com ele, por exemplo, por Delbrueck e Vanderbilt. É definitivamente um animal, com algo como uma cabeça e uma cauda. Suas dimensões são, parece-me, 60 m x 25 m x 25 m, isto é seu volume é $60 \times 25 \times 25 \times 10^{-21} = 3.7 \times 10^{-17} \text{ cm}^3$. A densidade pode ser considerada como sendo 1, portanto sua massa é cerca de $3.7 \times 10^{-17} \text{ gr}$, isto é o mesmo que cerca de 2.5×10^7 átomos de H. Já que a composição química média dessas coisas é, geralmente, cerca de C ou N ou O por um ou dois H, o peso atômico médio de seus constituintes é cerca de 6. Portanto, o número de átomos nele é cerca de 4×10^6 . Além disso, sabe-se do comportamento das membranas fisiológicas que são monomolecular – ou camadas Langmuir oligomoleculares, as quais exercem suas funções de um modo altamente mecânico. Por exemplo: a assim chamada “permeabilidade ativa” – a habilidade peculiar para “permitir” que íons passem através da membrana conta um campo elétrico – uma atividade que claramente deve, e é demonstrável, exigir um suprimento de energia do metabolismo, e que é, portanto, melhor descrito como “empurrando os íons através” do que “permitindo-lhes passar”. Compreendo que aqui um íon simplesmente é agarrado pela extremidade de polaridade oposta de um dos raros (carregados) radicais na membrana. Coisas muito similares podem ser ditas sobre o funcionamento da “ligação de fosfato”, a qual parece ser o dispositivo fisiológico principal para armazenagem da energia localizada por curto tempo – isto é o equivalente a uma mola. Assim, pode-se realmente falar de “elementos mecânicos”, cada um dos quais pode compreender 10 átomos ou mais. Assim, o organismo em questão consiste de seis milhões de átomos, mas provavelmente apenas algumas centenas de milhares de “elementos mecânicos”. Suponho (sem ter feito isto) que se se contasse rigorosamente o número de “elementos” em uma locomotiva, essa conta atingiria as dezenas de milhares. Consequentemente, trata-se de um grau de complexidade que não excede, necessariamente, a capacidade humana de persistência. A questão permanece: mesmo se a complexidade dos organismos de peso molecular $10^7 - 10^8$ não for demais para nós, não possuímos tais meios hoje, podemos ao menos concebê-los, e eles poderiam ser adquiridos por desenvolvimentos cujo caráter, calibre e duração já podemos prever. E os últimos dois elementos citados não seriam excessivos e impraticáveis? Sinto que a resposta a estas questões já pode ser dada, e que não precisa ser desfavorável. Especificamente: estou falando de pesos moleculares $10^7 - 10^8$. As principais proteínas têm pesos moleculares $10^4 - 10^5$ (As principais proteínas têm pesos moleculares $10^4 - 10^5$ – a menor conhecida, realmente, parece ser de apenas 7,000) e a determinação de autoridades como Langmuir e Dorothy Wrinch consideram isto promissor. Langmuir afirma que um esforço de 2 a 4 anos, com forte apoio financeiro, deveria resolver o problema. Sua ideia é: análise de raio X de bem alta precisão, transformação de Fourier com computação altamente rápida, em combinação com várias técnicas químicas de substituição para variar o padrão de raio X. Percebi que isto é em si uma grande solicitação, e que está ainda, por um fator de 10^3 , fora de nosso objetivo, mas resolveria, provavelmente, mais da metade da dificuldade. Além disso, não há como dizer o que realmente se obterá com as avançadas técnicas de microscopia eletrônica. De fato, suspeito que as principais possibilidades podem bem caminhar naquela direção. As melhores resoluções (magnéticas) do microscópio eletrônico no presente são um pouco melhores que $10 \text{ Å} = 1 \text{ m}\mu$. Com 4×10^6 átomos em um volume de $3.7 \times 10^{-17} \text{ cm}^3 = 3.7 \times 10^4 \text{ m}\mu$, a média do volume atômico é $10^{-2} \text{ m}\mu$, e portanto, média da distância atômica, é cerca de $1/5 \text{ m}\mu$. Portanto o $1 \text{ m}\mu$ de resolução é inadequado, mas não muito longe do que poderia ser adequado. Uma resolução que for melhorada por um fator de 10-20 poderia funcionar. É duvidoso que lentes eletrônicas possam ser melhoradas até esse ponto. Por outro lado, o microscópio de próton pode não estar a mais de 2-4 anos no futuro,

e, certamente, superaria essas dificuldades. Além disso, todos esses desenvolvimentos poderiam ser pressionados e acelerados. Naturalmente, todos sabem o que uma resolução de $1\frac{1}{2}$ Å significaria: poderíamos “olhar” para um átomo de H, e com um pouco mais, digamos $1/5$ Å, poderíamos “ver” a nuvem de carga de Schroedinger das órbitas dos elétrons. Mas as implicações fisiológicas são ainda mais extraordinárias, e elas deveriam receber muita ênfase no futuro imediato. De qualquer modo, acho que poderíamos fazer estas coisas: estudar os principais tipos de evidência: fisiologia dos vírus e bacteriófagos, e tudo o que se sabe sobre a relação gene enzima. (Os genes são, provavelmente, semelhantes aos vírus e fagócitos, exceto que toda a evidência relacionada com eles é indireta, e que não podemos sequer isolá-los ou multiplicá-los à vontade.) Tentar aprender uma quantidade razoável sobre o atual estado do conhecimento e opiniões referentes à estrutura da proteína. Estudar os métodos da determinação da estrutura químico-orgânica, através de análise de raio X e análise Fourier com seus necessários complementos de manipulações. Estudar os princípios e métodos do microscópio eletrônico, tanto no que se refere à ótica eletrônica quanto à manipulação de objeto. Tentar orientar-nos com relação às possibilidades do microscópio de próton. Finalmente: compilar, para nosso uso comum, duas listas: (1) publicações relevantes, com ênfase principal para o futuro imediato, considerando nossa falta de escolaridade sobre livros e artigos de pesquisa. (2) pessoas de quem poderíamos aprender mais sobre o estado dos assuntos e pontos de vista nesses campos. Tenho pensado muito sobre mecanismos de autorreprodução. Posso formular o problema rigorosamente, no que Turing o fez para seus mecanismos. Posso mostrar que eles existem nesse sistema de conceitos. Penso que compreendo alguns dos principais princípios que estão envolvidos. Quero preencher os detalhes e registrar essas considerações no decorrer dos próximos dois meses. Espero aprender varias coisas no curso decorrer desse exercício literário, em particular o número de componentes exigidos para a autorreprodução. Minha (desinformada) suposição é por volta de dezenas de milhares ou centenas de milhares, mas isto é muito inseguro. Além disso, estou pensando em termos de componentes baseados em várias antes arbitrárias escolhas. De qualquer modo, será necessário produzir um completo relatório antes que muita discussão seja possível. Certos traços da relação gene enzima, do comportamento de alguns mutantes, assim como alguns outros fenômenos, parecem enfatizar algumas variantes da autorreprodutividade, a qual seríamos levados a investigar também em bases puramente combinatoriais. Por exemplo: autorreprodutividade poderia ser simbolizada pelo esquema $A \rightarrow A$. Que tal esquemas como $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$, ou $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow C$, ou $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow C$, etc.? Isto é até aonde vão as minhas ideias neste momento. Espero que você não interprete mal a tirada anti-neurológica no começo desta carta. Naturalmente, estou extremamente interessado naquela abordagem e tenho o maior respeito pelos importantes resultados que têm sido obtidos naquele campo, bem como nossa área fronteira com ele. Certamente, espero que esses esforços continuem. Quero destacar, entretanto, que eu sinto que o decisivo sucesso seria mais provável de ocorrer em outro teatro. Eu estava tentando formular e sistematizar meus motivos para acreditar nisso, e o meio literário mais simples de fazê-lo é o controverso. Portanto, espero que não lhe tenha uma falsa impressão do perto com que estou começando uma “controvérsia”. Estou muito ansioso para saber sua reação a essas sugestões. Sinto uma intensa necessidade de que discutamos o assunto extensivamente. Esperando que esta carta não tenha sido insuportável, apenas por sua pura extensão, e esperando ter notícias suas e vê-lo novamente em breve (MASSANI, 1990, p. 243-247, tradução nossa)¹²⁰.

¹²⁰ *This letter represents an effort to do better than I estimated in my letter of November 25, in which I proposed that we might get together for the afternoon or evening of December 4 in Cambridge, and indicated only somewhat vaguely what the subject was that I would like to discuss with you. I am now trying to give you a more detailed advance notice, hoping that this will make our discussion on December 4 more specific. Our thoughts-I mean yours and Pitts' and mine-were so mainly focused on the subject of neurology, and more specifically on the human nervous system and there primarily on the central nervous system. Thus, in trying to understand the function of automata and the general principles governing them, we selected for prompt action the most*

complicated object under the sun-literally. In spite of its formidable complexity this subject has yielded very interesting information under the pressure of efforts of Pitts and McCulloch, Pitts, Wiener and Rosenblueth. Our thinking-or at any rate mine-on the entire subject of automata would be much more muddled than it is, if these extremely bold efforts-with which I would like to put on one par the very un-neurological thesis of A. Turing-had not been made. Yet, I think that these successes should not blind us to the difficulties of the subject, difficulties, which, I think, stand out now just as-if not more-forbiddingly as ever. The difficulties are almost too obvious to mention: They reside in the exceptional complexity of the human nervous system, and indeed of any nervous system. What seems worth emphasizing to me is, however, that after the great positive contribution of Turing - cum - Pitts - and - Mc-Culloch is assimilated, the situation is rather worse than better than before. Indeed, these authors have demonstrated in absolute and hopeless generality, that anything and everything Brouwerian can be done by an appropriate mechanism and specifically by a neural mechanism-and that even one, definite mechanism can be "universal". Inverting the argument: Nothing that we may know or learn about the functioning of the organism can give, without "microscopic", cytological work any clues regarding the further details of the neural mechanism. I know that this was well known to Pitts, that the "nothing" is not wholly fair, and that it should be taken with an appropriate dose of salt, but I think that you will feel with me the type of frustration that I am trying to express. (H. N. Russel used to say, or to quote, that if the astrophysicist found a general theory uniformly corroborated, his exclamation should be "Foiled again," since no experimental cruxes would emerge.) After these devastatingly general and positive results one is therefore thrown back on microwork and cytology-where one might have remained in the first place. (This "remaining there" is of course, highly figurative in my case, who have never been there.) Yet, when we are in that field, the complexity of the subject is overawing. To understand the brain with neurological methods seems to me about as hopeful as to want to understand the ENIAC with no instrument at one's disposal that is smaller than about 2 feet across its critical organs, with no methods of intervention more delicate than playing with a fire hose (although one might fill it with kerosene or nitroglycerine instead of water) or dropping cobblestones into the circuit. Besides the system is not even purely digital (i. e. neural): It is intimately connected to a very complex analogy (i.e. humoral or hormonal) system, and almost every feedback loop goes through both sectors, if not through the "outside" world (i.e. the world outside the epidermis or within the digestive system) as well. And it contains, even in its digital part, a million times more units than the ENIAC. And our intellectual possibilities relatively to it are about as good as somebodies vis-a-vis the ENIAC, if he has never heard of any part of arithmetic. It is true that we know a little about the syndromes of a few selected breakdowns-but that is not much. My description is intentionally exaggerated and belittling, but don't you think that there is an element of truth in it? Next: If we go to lower organisms from man with 10^{10} neurons to ants with 10^6 neurons-we lose nearly as much as we gain. As the digital (neural) part simplifies, the analogy (humoral) part gets less accessible, the typical malfunctions less known, the subject less articulate, and our possibilities of communicating with it poorer and poorer in content. Further: I doubt that the "Gestalt" theory, or anybodies verbal theory will help any. The central nervous system is complicated, and therefore its attributes and characteristics have every right to be complicated. Let not our facile familiarity with it, through the medium of the subjective consciousness, fool us into any illusions in this respect. What are we then to do? I would not have indulged in such a negative tirade if I did not believe that I see an alternative. In fact, I have felt all these doubts for the better part of a year now, and I did not talk about them, because I had no ideas as to what one might say in a positive direction. I think now that there is something positive to be said, and I would like to indicate in which direction I see it. I feel that we have to turn to simpler systems. It is a fallacy, if one argues, that because the neuron is a cell (indeed part of its individual insulating wrapping is multicellular), we must consider multicellular organisms only. The cell is clearly an excellent "standard component", highly flexible and suited to differentiation in form and in function, and the higher organisms use it freely. But its self-reproductivity indicates that it has in itself some of the decisive attributes of the integrated organisms-and some cells (e.g. the leukocytes) are self-contained, complete beings. This in itself should make one suspicious in selecting the cells as the basic "undefined" concepts of an axiomatism. To be more par terre: Consider, in any field of technology, the state of affairs which is characterized by the development of highly complex "standard components", which are at the same time individualized, well suited to mass production, and (in spite of their "standard" character) well suited to purposive differentiation. This is clearly a late, highly developed style, and not the ideal one for a first approach of an outsider to the subject, for an effort towards understanding. For the purpose of understanding the subject, it is much better to study an earlier phase of its evolution, preceding the development of this high standardization-with-differentiation. I. e. to study a phase in which these "elegant" components do not yet appear. This is especially true, if there is reason to suspect already in the archaic stage mechanisms (or organisms) which exhibit the most specific traits of the simplest representatives of the above mentioned "late" stage. Now the less-than-cellular organisms of the virus or bacteriophage type do possess the decisive traits of any living organism: They are self reproductive and they are able to orient themselves in an unorganized milieu, to move towards food, to appropriate it and to use it. Consequently, a "true" understanding of these organisms may be the first relevant step forward and possibly the

greatest step that may at all be required. I would, however, put on "true" understanding the most stringent interpretation possible: That is, understanding the organism in the exacting sense in which one may want to understand a detailed drawing of a machine-i.e. finding out where every individual nut and bolt is located, etc. It seems to me that this is not at all hopeless. A typical bacteriophage, which can be multiplied at will (and hence "counted" - by the colonies it forms on a suitable substrate-as reliably as elementary particles can be "counted" by a Geiger-counter) is a phage that is parasitic, I think, on the *Bacillus Coli*. It has been extensively worked with, e.g. by Delbrueck at Vanderbilt. It is definitely an animal, with something like a head and a tail. Its dimensions are, I think, $60 \text{ m} \times 25 \text{ m} \times 25 \text{ m}$, i.e. its volume is $60 \times 25 \times 25 \times 10^{-21} \text{ cm}^3 = 3.7 \times 10^{-17} \text{ cm}^3$. The density may be taken to be 1, hence its mass is about $3.7 \times 10^{-17} \text{ gr}$, ie. the same as about $2.5 \times 10^7 \text{ H atoms}$. Since the average chemical composition of these things is usually about C or N or O per one or two H, the average atomic weight of its constituents is about 6. Hence the number of atoms in it is about 4×10^6 . Furthermore, it is known from the behavior of physiological membranes, that they are monomolecular---or oligomolecular-Langmuir-layers, which exercise their function in a highly mechanical way. E.g. the so called "active permeability": The peculiar ability to "permit" ions to pass through the membrane against an electrical field-an activity which clearly must, and demonstrably does, require an energy supply from the metabolism-and which is therefore better described as "pushing the ions across": than as "permitting them to pass". I understand that here an ion simply gets seized by the opposite-polarity end of one of the rare (charged) radicals in the membrane. Very similar things can be said about the functioning of the "phosphate bond", which seems to be the main physiological device for localized, short time energy storage-i. e. the equivalent of a spring. Thus one can really talk of "mechanical elements", each of which may comprise 10 atoms or more. Thus the organism in question consists of six million atoms, but probably only of a few hundred thousand "mechanical elements". I suppose (without having done it) that if one counted rigorously the number of "elements" in a locomotive, one might also wind up in the high ten thousands. Consequently this is a degree of complexity which is not necessarily beyond human endurance. The question remains: Even if the complexity of the organisms of molecular weight 10^7 - 10^8 is not too much for us, do we not possess such means now, can we at least conceive them, and could they be acquired by developments of which we can already foresee the character, the caliber, and the duration. And are the latter two not excessive and impractical? I feel that the answer to these questions can already be given, and that it need not be unfavorable. Specifically: I am talking of molecular weights 10^7 - 10^8 . The major proteins have molecular weights 10^4 - 10^5 (The major proteins have molecular weights 10^4 - 10^5 -the lowest one known actually appears to be only about 7,000) and the determination of authorities like Langmuir and Dorothy Wrinch consider it promising. Langmuir asserts, that a 2-4 year efforts with strong financial backing should break the back of the problem. His idea of an attack is: Very high precision x-ray analysis, Fourier transformation with very massive fast computing, in combination with various chemical substitution techniques to vary the x-ray pattern. I realize that this is in itself a big order, and that it is still by a factor 10³ off our goal-but it would probably be more than half the difficulty. In addition there is no telling what really advanced electron-microscopic techniques will do. In fact, I suspect that the main possibilities may well lie in that direction. The best (magnetic) electron-microscope resolutions at present are a little better than $10 \text{ \AA} = 1 \text{ m}\mu$. With 4×10^6 atoms in a volume of $3.7 \times 10^{-17} \text{ cm}^3 = 3.7 \times 10^4 \text{ m}\mu^3$, the average atomic volume is $10^{-2} \text{ m}\mu^3$, and hence the average atomic distance about $1/5 \text{ m}\mu$. Hence the $1 \text{ m}\mu$ resolution is inadequate-but not very far from what might be adequate. A resolution that is improved by a factor of 10-20 might do. It is dubious whether electron lenses can be improved to this extent. On the other hand, the proton microscope need not be more than 2-4 years in the future, and it would certainly overcome these difficulties. Besides all these developments might be pushed and accelerated. Of course, everybody knows what a $1\text{-}1/2 \text{ \AA}$ resolution would mean: One could "look" at an H atom, and with a little more, say $1/5 \text{ \AA}$, one could "see" the Schrodinger-charge-cloud-of the orbital electrons. But the physiological implications are even more extraordinary, and they should receive a great deal of emphasis in the immediate future. At any rate, I think that we could do these things: Study the main types of evidence: Physiology of viruses and bacteriophages, and all that is known about the gene-enzyme relationship. (Genes are probably much like viruses and phages, except that all the evidence concerning them is indirect, and that we can neither isolate them nor multiply them at will.) Try to learn a reasonable amount about the present state of knowledge and opinions concerning protein structure. Study the methods of organic-chemical structure determination by x-ray analysis and Fourier-analysis with their necessary complement of manipulations. Study the principles and methods of electron-microscopy, both in the direction of electron optics and in the direction of object-manipulation. Try to get oriented to the possibilities of proton-microscopy. Finally: Compile for our common use two lists: (1) Relevant publications, with the main emphasis for the immediate future, considering our lack of education, on books and survey articles. (2) Persons from whom we might learn most about the state of affairs and the outlook in these fields.- I did think a good deal about self-reproductive mechanisms. I can formulate the problem rigourously, in which Turing did it for his mechanisms. I can show that they exist in this system of concepts. I think that I understand some of the main principles that are involved. I want to fill in the details and to write up these considerations in the course of the next two months. I

Nessa carta von Neumann expõe sua compreensão dos métodos propostos pela cibernética para o estudo e controle de sistemas intrinsecamente complexos, bem como sua preocupação relativa ao tema. Tais sistemas são, como bem se sabe, mais do que comuns no mundo biológico. Estava preocupado com que, na busca de analogias entre computadores criados pelo homem e o cérebro humano, ou o sistema nervoso central, houvesse uma lacuna intransponível, impossível de ser superada naquele contexto histórico e científico. Contudo, nos anos precedentes à sua morte, depositava forte esperança na maturação de suas ideias sobre certas teorias que pudessem modelar o funcionamento do cérebro e de sistemas complexos com muitos componentes.

Os sistemas complexos eram, sem dúvida, identificados como uma barreira a ser transponível, “(...) e isso explica porque os cibernéticos se voltaram para o estudo das formas mais elementares de vida” (BEER, 1969, p.186). Era, exatamente, essa proposta de von Neumann na carta escrita para Wiener.

Os interesses de von Neumann incluíam os sistemas neurais de McCulloch e Pitts, o que o levou a explicar vários dispositivos do computador em termos de analogia com o sistema nervoso. Von Neumann separa claramente o conceito de arquitetura lógica do computador da sua execução física. Em 1948, apresentou um trabalho no Simpósio Hixon, no Instituto de Tecnologia da Califórnia, em Pasadena, no qual discute as várias analogias e diferenças entre organismos vivos e dispositivos artificiais, observando a complexidade e

hope to learn various things in the course of this literary exercise, in particular the number of components required for self-reproduction. My (rather uninformed) guess is in the high ten thousands or in the hundred thousands, but this is most unsafe. Besides, I am thinking in terms of components based on several rather arbitrary choices. At any rate, it will be necessary to produce a complete write-up before much discussing is possible. Certain traits of the gene-enzyme relationship, of the behavior of some mutants, as well as some other phenomena, seem to emphasize some variants of self-reproductivity, which one would be led to investigate on purely combinatorial grounds as well. E.g.: Self-reproductivity may be symbolized by the schema $A \rightarrow A$. What about schemata like $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow A$, or $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow C$, or $A \rightarrow B \rightarrow C \rightarrow D \rightarrow E \rightarrow C$, etc.? This is as far as my ideas go at this moment. I hope you will not misinterpret the anti-neurological tirade at the beginning of this letter. Of course I am greatly interested in that approach and I have the greatest respect for the important results that have been obtained in that field, and in our border area with it. I certainly hope these efforts will continue. I wanted to point out, however, that I felt that the decisive "break" was more likely to come in another theater. I was trying to formulate and to systematize my motives for believing this, and the simplest literary mode to do this is the controversial one. I hope therefore, that I have not given you a false impression of the spirit in which I am starting a "controversy". I am most anxious to have your reaction to these suggestions. I feel an intense need that we discuss the subject extensively with each other. Hoping that this letter has not been unbearable just by its sheer length, and hoping to hear from you and to see you again soon.

velocidade de processamento de ambos. Os primeiros passos da nova ciência, denominada de ciência cognitiva, foram dados nesse simpósio, no qual o cerne da discussão foi a forma pela qual o sistema nervoso central controla o comportamento, criando, assim, uma proximidade na relação entre a mente e o computador. Anos depois, Turing (1912-1954) sugeriu a avaliação de uma máquina que simulasse o pensamento humano, implementada por von Neumann, com o armazenamento de um programa em memória.

No verão de 1947, Wiener viajou para Nancy, na França, para participar de um congresso sobre análise harmônica, organizado por Mandelbrojt. Antes de ir para a França, esteve na Inglaterra, onde se encontrou com Haldanne, em Londres, e com Turing, no Laboratório Nacional de Física, em Teddington e, também com seu velho amigo Harald Bohr e com muitos outros de Cambridge. Para Wiener (1966), um acontecimento interessante, nessa viagem, foi que ele acabou conhecendo um representante da editora Hermann et Cie, chamado M. Freymann. Este solicitou a Wiener que escrevesse um pequeno livro, abordando os aspectos fundamentais de sua teoria de controle e comunicação. Freymann tinha sido um dos fundadores de um grupo francês de matemáticos que publicava sob o pseudônimo de *Bourbaki* e que tinha criado uma universidade fictícia, “*University of Nancago*” (*Nancy+Chicago*). Wiener concordou em escrever o livro para Freymann, pois achou que poderia ser interessante para o grupo cibernético, e comenta: “nós selamos o contrato tomando uma xícara de chocolate em uma confeitaria vizinha” (WIENER, 1966, p. 317, tradução nossa)¹²¹.

De todos os amigos que encontrou em Nancy, o que viu com mais frequência foi Laurent Schwartz¹²². Schwartz generalizou os princípios de um tema que Wiener já havia tratado em seu artigo em *Acta*, sobre análise harmônica generalizada. Schwartz a fundamentou em uma base abstrata, característica da escola de *Bourbaki*, a qual pertencia. Para Wiener o encontro foi um sucesso, as experiências sobre o tema abordado funcionaram como um pré-requisito, essencial, para os desenvolvimentos futuros nessa área. Não se pode deixar de mencionar que o artigo que começou a escrever com Bouligand, aluno de Lebesgue, e as consultas à Freymann serviram de orientação para ambos.

O trabalho de Grey Walter foi outro fator estimulante dessa viagem. Grey Walter mostrou à Wiener o interessante trabalho que estava desenvolvendo sobre eletroencefalografia. O Dr. Grey Walter, do *Burden Neurological Institute*, em *Bristol* na

¹²¹ [...] *we sealed the contract over a cup of cocoa in a neighboring patisserie.*

¹²² Laurent Schwartz (1915-2002) foi um matemático francês. Recebeu a Medalha Fields, pela elaboração da teoria das distribuições, em 1950.

Inglaterra, embora americano de origem, já estava há muito tempo na Europa e era considerado um dos principais entendidos europeus no estudo das ondas cerebrais ou eletroencefalografia. Ele desenvolvera um aparelho para compreender os retratos toposcópicos das ondas cerebrais, com o intuito de entender a fisiologia do cérebro e diagnosticar possíveis patologias.

Esse estudo despertou grande interesse em Wiener – que viu no trabalho de Walter a reprodução de suas próprias ideias, em suas várias manifestações – máquinas, animais e organizações, no sentido de permitir explicar, por meio de artefatos construídos pelo homem, o funcionamento dos mecanismos humanos. Escreveu Wiener que, “Walter, começara a ver as analogias entre a máquina de retroalimentação e o sistema nervoso humano e a construir mecanismos que exibiriam alguns dos aspectos do comportamento animal” (WIENER, 1966, p. 320, tradução nossa)¹²³.

Os mecanismos aos quais Wiener se refere são duas tartarugas, autômatos, construídas por Walter, que tinham um repertório de comportamento bastante estranho. Voltaremos a esses autômatos mais adiante. Finda sua viagem à França e de volta aos Estados Unidos, Wiener passou o verão de 1947 trabalhando arduamente para escrever o livro que havia prometido à Freymann. Para dar título ao livro, Wiener (1966) fez conjecturas de que a palavra “mensageiro”, em grego, seria uma boa opção, mas, acabou desistindo dessa ideia porque a palavra grega seria *angelos* e, em inglês, tinha a conotação de anjos ou mensageiros de Deus. Então, Wiener cunhou a palavra *Cybernetics* a partir da palavra grega *kubernétes*. Desse modo, Wiener e o grupo de cientistas à sua volta,

Decidimos designar o campo inteiro de teoria do controle e comunicação, seja na máquina ou no animal, pelo nome de Cibernética, que formamos do grego *κυβερνήτης* ou timoneiro. Escolhendo esse termo, nós desejamos reconhecer que o primeiro trabalho significativo sobre mecanismos de realimentação foi um artigo sobre reguladores, publicado por Clerk Maxwell, em 1868, e que *governor* (regulador) é derivado de uma corruptela latina de *κυβερνήτης*. Desejávamos, também, nos referir ao fato de que os engenhos de pilotagem de um navio são, de fato, uma das primeiras e mais bem desenvolvidas formas de mecanismos de realimentação (WIENER, 1961, p. 11-12, tradução nossa)¹²⁴.

¹²³ *Walter had began to see the analogies between the feedback machine and the human nervous system and to construct mechanisms which would exhibit some of the features of animal behavior.*

¹²⁴ *We have decided to call the entire field of control and communication theory, whether in the machine or in the animal, by the name Cybernetics, which we form from the Greek *κυβερνήτης* or steersman. In choosing this term, we wish to recognize that the first significant paper on feedback mechanisms in an article on governors, which was published by Clerk Maxwell in 1868, and that governor is derived from a Latin corruption of *κυβερνήτης*. We also wish to refer to the fact that the steering engines of a ship are indeed one of the earliest and best-developed forms of feedback mechanisms.*

No fim daquele verão, terminou seu livro “*Cybernetics, or Control and communication in the Animal and the Machine*”, o qual dedicou a Arturo Rosenblueth, e foi publicado em Paris pela Hermann et Cie. Embora o termo Cibernética date do verão de 1947, passou a ser usado para referenciar épocas anteriores, desde 1940, quando essas ideias começaram a surgir. O sucesso do livro contribuiu para a divulgação da Cibernética e generalização de suas ideias e, desse modo, novos campos de pesquisa surgiram após a eclosão do movimento cibernético.

Pode-se dizer que a Cibernética surgiu em 1940, com o trabalho de Wiener sobre o previsor antiaéreo, desenvolvido durante a Segunda Guerra Mundial, e representou um ponto de partida para uma nova era de reflexões. Esse novo tema científico foi adquirindo vitalidade e mudando o centro de interesse no curso dos anos. A natureza e a rapidez das mudanças acarretaram novos problemas e ideias, muitas delas mal se prognosticavam e, no fim da guerra, já eram realidade. Assim, os ciberneticistas avançavam nesse novo campo cujas ideias fluíam caoticamente.

Uma das ideias, relevantes, discutidas nos encontros Macy, e que acabou sendo uma diretiva para o seu livro, “Cibernética e Sociedade: o uso humano de seres humanos”, refere-se à importância da noção e da técnica de comunicação no sistema social. A abrangência da cibernética, para Wiener, envolvia uma teoria das mensagens mais ampla e complexa que a teoria da transmissão de mensagens da engenharia elétrica, configurando

[...] um campo mais vasto, que inclui não apenas o estudo da linguagem, mas também o estudo das mensagens como meios de dirigir a maquinaria e a sociedade, o desenvolvimento de máquinas computadoras e outros autômatos [...], certas reflexões acerca da psicologia e do sistema nervoso, e uma nova teoria conjectural do método científico (WIENER, 1984, p. 15).

Apesar de a Cibernética ter surgido em 1940, suas ideias originais continuaram a brotar, originando novos conceitos e novas aplicações. Esse desenvolvimento levou os cientistas a novos modelos matemáticos, cada vez mais complexos, decorrentes de novas formas de conceber o envolvimento sistêmico homem-máquina. A influência da lógica matemática é uma constância na cibernética, e Wiener, na introdução de seu livro, comenta que:

Se eu fosse escolher um santo patrono para a cibernética, tirado da história da ciência, elegeria Leibniz. A filosofia de Leibniz concentra-se em dois conceitos intimamente relacionados – o de um simbolismo universal e de um cálculo de raciocínio. Destes descendem a notação matemática e a lógica simbólica da atualidade. Pois bem, assim como o cálculo da aritmética presta-se a uma mecanização, que vai do ábaco e da máquina de calcular de mesa às ultrarrápidas máquinas de computar dos nossos dias, do mesmo modo o *calculus ratiocinator* de Leibniz contém os germes da *machina ratiocinatrix*, a máquina de raciocinar. Na verdade, o próprio Leibniz, como o seu predecessor Pascal, estava interessado na construção de máquinas de calcular em metal. Não é nada surpreendente, pois, que o mesmo impulso intelectual que levou ao desenvolvimento da lógica matemática conduzisse, ao mesmo tempo, à mecanização ideal ou real dos processos de pensamento (WIENER, 1961, p. 12, tradução nossa)¹²⁵.

Esse livro apresenta a ideia fundamental de Wiener e de seus colaboradores, a exemplo dos antropólogos Gregory Bateson e Margaret Mead, do fisiologista Arturo Rosenblueth e do engenheiro Julian Bigelow. Essa ideia parte da hipótese de que o modo como os sistemas, sejam eles biológicos, tecnológicos ou sociais, respondem às mensagens ao mundo exterior, são equivalentes e redutíveis a modelos matemáticos.

O campo de estudo da Cibernética é vasto e não inclui apenas o estudo da linguagem, mas, também formas de comunicação, as mensagens entre humanos e entre humanos e máquinas, a nova modelagem do protótipo homem-máquina, sistema nervoso e outros. Seu livro enfatizou as aplicações biológicas e sociais da cibernética. À época, o tema favorito de Wiener era homeostase, prótese sensória e mecanismos do cérebro.

Homeostase é definida pelo fisiologista Cannon como autocontrole, por parte de organismos vivos, com a finalidade de manter as condições constantes (WIENER, 1964). Todo o ser vivo depende desse processo homeostático, o qual tende a manter, por exemplo, a temperatura ou a pressão sanguínea em equilíbrio e, cada desvio do normal, provoca uma reação contrária, que os ciberneticistas denominaram de *feedback* negativo. Com relação à anatomia humana, Wiener relaciona essa dependência em:

Uma variação de meio grau centígrado na temperatura do corpo é, geralmente, um sinal de doença, e uma variação permanente de cinco graus é pouco consistente com

¹²⁵ *If I were to choose a patron saint for cybernetics out of the history of Science, I should have to choose Leibniz. The philosophy of Leibniz centers about two closely related concepts – that of a universal symbolism and that of a calculus of reasoning. From these are descended the mathematical notation and the symbolic logic of the present day. Now, just as the calculus of arithmetic lends itself to a mechanization progressing through the abacus and the desk computing machine to the ultra-rapid computing machines of the present day, so the calculus ratiocinator of Leibniz contains the germs of the machine ratiocinatrix, the reasoning machine. Indeed, Leibniz himself, like his predecessor Pascal, was interested in the construction of computing machines in the metal. It is therefore not in the least surprising that the same intellectual impulse which has led to the development of mathematical logic has at the same time led to the ideal or actual mechanization of process of thought.*

a vida. A pressão osmótica do sangue e sua concentração de íons de hidrogênio devem ser mantidas dentro de limites estritos. Os produtos residuais do corpo devem ser excretados antes que se elevem a concentrações tóxicas. Ao lado de tudo isso, os nossos leucócitos e nossas defesas químicas contra a infecção devem ser mantidos em níveis adequados; nosso batimento cardíaco e pressão sanguínea não devem ser nem muito altos nem muito baixos; nosso ciclo sexual deve estar de acordo com as necessidades radicais de reprodução; nosso metabolismo de cálcio deve ser tal que nem amoleça nossos ossos e nem calcifique nossos tecidos; e assim por diante. Em suma, a nossa economia interna deve conter um conjunto de termostatos, controles automáticos de concentração de íons de hidrogênio, controladores, e coisa parecida, que se adequaria a uma grande fábrica química. Estes são o que nós conhecemos coletivamente como nosso mecanismo homeostático (WIENER, 1961, p. 114-115, tradução nossa)¹²⁶.

Com relação à prótese, há problemas interessantes, não se restringindo somente a substituição do movimento perdido, como também, das sensações perdidas. Em seu artigo “O homem e a Máquina”, Wiener afirma que não abordará as ideias para substituir as sensações, mas que ele e sua equipe as têm e que estão trabalhando nisso. Com relação à prótese, substituição mecânica de um sistema que, até então, era exclusivamente humano, ele expõe suas ideias:

Quando um homem perde um braço ou uma perna, é possível substituir a atividade perdida dos músculos por uma atividade mecânica? Em verdade, é perfeitamente possível. Por exemplo, quando um homem perde a mão, a maior parte dos músculos que controlam a mão não estão na própria mão, mas no antebraço, entre o cotovelo e a mão. Os músculos continuam a existir. Deles se pode extrair uma atividade elétrica, os potenciais de ação, que são muito pequenos, mas que, com ajuda dos transistores se pode ampliar e fazer atingir a potência das baterias. Tive essa ideia há vários anos e busquei sua execução nos Estados Unidos, pelos médicos, com pouco sucesso. Mas há dois anos eu estava na Rússia e ouvi uma conferência sobre a automatização e o controle, sobre os braços artificiais de que falei. Chegaram a obter um sucesso que possibilitava a volta de mutilados ao trabalho. Tal aparelho funciona a contento, porque os impulsos do sistema nervoso são os mesmos de antes da mutilação (WIENER, 1970, p. 73).

Os estudos dos mecanismos do cérebro tiveram início com os trabalhos dos pesquisadores Warren McCulloch e Walter Pitts. McCulloch foi psiquiatra e neuroanatomista, e passou cerca de 20 anos pesquisando sobre a representação do sistema nervoso. McCulloch

¹²⁶ *A variation of one-half degree centigrade in the body temperature is generally a sign off illness, and a permanent variation of five degrees is scarcely consistent with life. The osmotic pressure of the blood and its hydrogen-ion concentration must be held within strict limits. The waste products of the body must be excreted before they rise to toxic concentrations. Beside all these our leucocytes and our chemical defenses against infection must be kept at adequate levels; our heart rate and blood pressure must neither be too high nor too low; our sex cycle must conform to the radical needs of reproductions; our calcium metabolism must be such as neither to soften our bones nor to calcify our tissues; and so on. In short, our inner economy must contain an assembly of thermostats, automatic hydrogen-ion-concentration controls, governors, and the like, which would be adequate for a great chemical plant. These are what we know collectively as our homeostatic mechanism.*

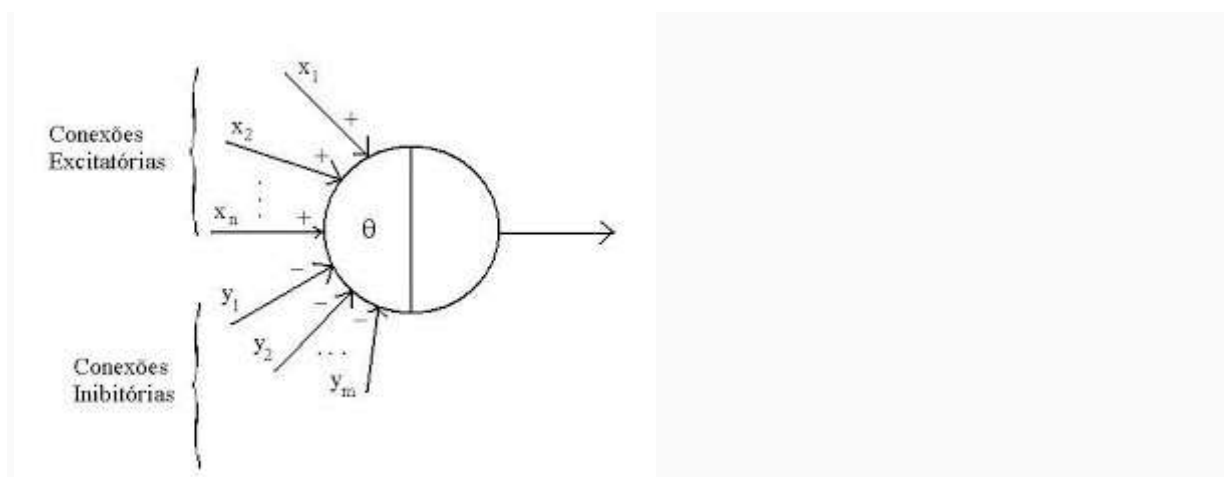
foi professor de psiquiatria na *Medical School*, na Universidade de Illinois. Estudou filosofia em Yale, Columbia, depois entrou para *Columbia Medical School*, onde aprofundou seus estudos em lógica matemática e os aplicou à sua investigação sobre alguns aspectos da esquizofrenia quando servia no hospital de doentes mentais, em Rockland. Em 1942, conheceu Walter Pitts, na *Teleological Society*, e o convidou para fazer parte de suas pesquisas de cunho cibernético. Walter Pitts, à época, um lógico matemático, aluno de Carnap (1891-1970), empolgado com o convite, decidiu aplicar seus conhecimentos às pesquisas de McCulloch.

A história das redes neurais começa com o trabalho desses dois pesquisadores que foram pioneiros em descrever um modelo artificial de um neurônio, dando uma contribuição importante para o estudo do desenvolvimento das redes neurais artificiais. Em 1943, publicaram um artigo, “*A Logical Calculus of the Ideas Immanent in Nervous Activity*”¹²⁷, que continha a proposta do primeiro modelo computacional de um neurônio artificial.

¹²⁷ McCulloch e Pitts propuseram um modelo neural em que as unidades básicas, os neurônios, são bastante simples no seu funcionamento. A riqueza de processamento e a capacidade computacional do sistema são decorrentes da conectividade entre esses elementos simples. Usando um termo moderno, poderíamos dizer que o modelo de McCulloch e Pitts foi o primeiro modelo conexionista a aparecer. O modelo de McCulloch e Pitts está baseado em cinco hipóteses:

1. A atividade de um neurônio é binária, ou seja, a cada instante o neurônio, ou está disparando (atividade = 1), ou não está disparando (atividade = 0);
2. A rede neural é constituída por linhas direcionadas, sem pesos, ligando os neurônios. Essas linhas (inspiradas nas sinapses) podem ser excitatórias ou inibitórias (positivas ou negativas);
3. Cada neurônio tem um limiar fixo L , de maneira que ele só dispara se a entrada total chegando a ele, num dado instante, for igual a L ;
4. A chegada de uma única sinapse inibitória num dado instante evita absolutamente o disparo do neurônio, independentemente do número de sinapses excitatórias que estejam chegando conjuntamente com a sinapse inibitória;

Um sinal leva uma unidade de tempo para passar de um neurônio da rede para outro. Isto procura reproduzir o atraso sináptico. A figura abaixo ilustra um neurônio de McCulloch-Pitts.



Assim como o sistema nervoso é composto por bilhões de células nervosas, a rede neural artificial também seria formada por unidades que nada mais são que pequenos módulos, que simulam o funcionamento de um neurônio. Esses módulos devem funcionar de acordo com os elementos em que foram inspirados, recebendo e retransmitindo informações. Esses dois pesquisadores ficaram maravilhados com a capacidade autônoma e a prodigiosa vivacidade dos elementos do sistema nervoso. Para eles, os neurônios eram criaturas astutas e imprevisíveis e, assim, era possível imaginá-los como criaturas lógicas e probabilísticas. Para McCulloch, as redes nervosas eram como os diagramas de Wiener, capazes de produzir complexidade e organização; acreditava que é a organização do circuito que organiza o conhecimento. A origem das pesquisas nessa área data da época em que foi apresentado o primeiro modelo computacional de um neurônio biológico por esses dois pesquisadores.

Em 1949, Grey Walter (1910-1970) estava interessado em explorar um modelo eletromecânico dos reflexos simples que todos os organismos possuem. Walter já era bastante conhecido, pois atuava com pioneirismo e desenvoltura na área de interface entre a eletrônica e a biologia. Sabbatini (1999) descreve que Walter teve a ideia de criar os primeiros animais robóticos autônomos, batizados de Elsie e Elmer. Do ponto de vista mecânico e eletrônico, eram bastante simples: os músculos eram dados por três rodas montadas em triciclo, sendo duas de propulsão e uma de direção, e atuadas por motores elétricos independentes para cada uma delas. Os sentidos eram bem primitivos: apenas um sensor de luz e um sensor de contato. A alimentação de energia era fornecida por uma bateria comum, montada na parte de trás. Uma carapaça de plástico abrigava e protegia todo o conjunto. O sistema nervoso a bordo

Se num dado instante de tempo, pelo menos uma das entradas inibitórias (y_i s) for igual a 1, o neurônio é inibido. Caso todas as entradas inibitórias sejam nulas, o neurônio calcula a soma das entradas excitatórias e a compara com o seu limiar L (no desenho, o limiar está indicado por teta). Se a soma das entradas excitatórias for maior ou igual a L , ele dispara (sua atividade é feita igual a 1); caso contrário, ele não dispara (sua atividade é feita igual a 0). Em seu artigo de 1943, McCulloch e Pitts provaram o seguinte teorema: “Qualquer expressão lógica finita pode ser implementada por uma rede de neurônios do tipo definido pelas cinco hipóteses acima”. A prova deste teorema foi obtida com o uso de regras da lógica formal, o que torna o artigo de McCulloch e Pitts bastante árduo de ser lido. Porém o impacto deste resultado foi muito grande na época. Em outras palavras, o que o teorema diz é que: “Qualquer procedimento, ou computação, pode ser implementado por uma rede de neurônios de McCulloch e Pitts”. Este resultado mostrou que uma rede feita de unidades bastante simples pode ter um poder computacional enorme. Como as unidades do modelo são baseadas nos neurônios do cérebro, isto sugere que o próprio cérebro tem o potencial de executar computações lógicas complexas. Isto nós todos sabemos, mas o artigo de McCulloch e Pitts foi o primeiro a mostrar que pode ser possível o entendimento matemático das computações feitas pelo cérebro. O modelo de McCulloch e Pitts não teve muita influência na Neurociência. As evidências experimentais que começavam a se acumular a partir da década de 1940 indicavam que o neurônio é mais complexo do que um simples elemento binário com um limiar e isso fez com que os biólogos não dessem muita atenção ao trabalho de McCulloch e Pitts. O grande impacto do modelo de McCulloch e Pitts deu-se na Ciência da Computação. O pai dos modernos computadores digitais, John von Neumann, foi bastante influenciado pelo trabalho de McCulloch e Pitts, pois ele percebeu o grande poder computacional que um sistema composto por unidades lógicas simples possui (ROQUE, p. 6-8).

dessa curiosa criatura era extremamente simples: um circuito analógico com apenas duas válvulas eletrônicas, que comandava os motores das rodas e de direção a partir da informação dos sensores. As tartarugas sabiam fazer apenas duas coisas: evitar obstáculos grandes, recuando quando batiam em algum, e seguir alguma fonte de luz. Quando a fonte de luz era muito intensa, o robô recuava, ao invés de avançar. Em termos comportamentais, Walter criou animais fototrópicos, como as mariposas. A hipótese original de Walter se comprovou. A interação entre o sistema nervoso da tartaruga robô e o ambiente criava comportamentos inesperados e complexos. Os comportamentos nunca se repetiam, mas seguiam um padrão, exatamente como em um animal.

Por exemplo, Walter construiu uma pequena cabana, onde Elsie podia entrar e recarregar suas baterias. No topo da cabana ele colocou uma lâmpada. Imediatamente, notou que as tartarugas vagavam pela sala, mas acabavam procurando à cabana quando suas baterias começavam a ficar mais fracas e, ali, se recarregavam, saindo depois para explorar o ambiente, à busca de novas fontes de luz. Colocou, também, uma lâmpada no topo de cada tartaruga, e observou o aparecimento de um comportamento social de interação entre ambas, que dançavam uma ao redor da outra, em comportamentos de atração e repulsão.

Em uma segunda série de experimentos, o cientista criou tartarugas-robôs capazes de aprendizado. Ela aprendeu a associar um assobio à uma luz, buscando o som como se fosse a luz. Suas tartarugas foram um dos primeiros robôs e exemplares de uma área que, hoje, denominamos de Vida Artificial, pois era a primeira vez que um ser mecânico exibia propriedades típicas de seres vivos, como comportamento e auto-organização. Assim, foi natural que Walter tivesse obtido uma tremenda atenção por parte da imprensa, causando enormes discussões e interesse.

A Comunidade Cibernética Britânica, nos meados dos anos de 1940, reunia os pesquisadores em um clube, Racio Club, situado no porão do Hospital Nacional de Doenças Nervosas, em Londres. O club atraiu uma sociedade diversa de pesquisadores, tais como Alan Turing, I. J. Good, matemático e estatístico, Tomy Ouro, astrofísico, mas a maioria dos seus membros vieram da neurociência, psicologia e psiquiatria. Walter era um neurocientista, um especialista em eletroencefalografia. Foi ele que descobriu as ondas cerebrais delta e teta.

Outro membro ativo foi W. Ross Ashby, diretor de um hospital psiquiátrico em Gloucester. Para Hayes (2011), a variante britânica cibernética enfatizava as máquinas que atuam, em vez de máquinas que pensam. As tartarugas de Walter são um bom exemplo. No final da década de 1940, as conferências Macy estabeleceram o paradigma da nova interdisciplinaridade que a cibernética provocara.

A contínua influência dos estudos cibernéticos em várias áreas e os estudos de Pitts e Warren McCulloch deram origem ao estudo da Inteligência Artificial (AI) e da Ciência Cognitiva. Em 1959, começou o projeto da Inteligência Artificial no MIT. Marvin Minsky (1927-2016) trabalhava com McCulloch, até se tornar professor de matemática no MIT e, com a vinda de John McCarthy (1927-2011), começaram o projeto da AI no MIT. Concordaram que o problema mais crítico era o modo como as mentes elaboram seu raciocínio de bom senso. McCarthy estava mais interessado em estabelecer fundamentos lógicos e matemáticos para o raciocínio, como afirma Minsky (1989), enquanto ele próprio estava mais envolvido com teorias a respeito de como raciocinamos, usando padrões de identificação e analogia.

A combinação entre a pesquisa teórica e a prática atraiu estudantes de grande capacidade e, para Minsky (1989), seu ambiente de trabalho tinha uma atmosfera que combinava a força da matemática e a aventura da engenharia. Isto levou a novas teorias computacionais e ao desenvolvimento dos primeiros robos automáticos. Mais tarde, em 1963, Seymour Papert (1928-), foi trabalhar no MIT, após cinco anos de estudos, sobre o desenvolvimento da criança, sob a liderança de Jean Piaget, em Genebra. Juntos desenvolveram novas técnicas matemáticas, novas experiências e construíram novos hardware e software para computadores. Separaram-se devido a metas individuais diferentes. Minsky concentrou seus esforços na pesquisa para melhores teorias sobre como uma criança poderia aprender a construir com blocos, e Papert dedicou-se às novas teorias sobre o desenvolvimento mental e a educação que o conduziram à linguagem do computador LOGO e a vários outros conceitos que começaram a aparecer no âmbito educacional, na década seguinte.

O estudo de Minsky deu origem ao seu livro *A Sociedade da Mente*, o qual pressupõe que qualquer cérebro, máquina, ou outra coisa qualquer que tenha mente, deve ser decomposto de coisas menores que não podem pensar, de modo algum. Para Minsky,

Chamarei de Sociedade da Mente este esquema, no qual cada mente é feita de vários processos menores. Estes denominaremos de agentes. Cada agente mental, sozinho, pode fazer apenas alguma coisa simples, que não necessite, de modo algum, de nenhuma mente ou pensamento. Contudo, ao agruparmos esses agentes em sociedade – de determinadas maneiras muito especiais – acabamos nos deparando com a verdadeira inteligência (MINSKY, 1989, p. 17).

Todas essas noções e práticas condiziam muito com o espírito do pensamento da época. A difusão e a influência das ideias cibernéticas em amplos setores da cultura, em

grande parte, provocadas pelas conferências Macy, estabeleceram o paradigma da nova interdisciplinaridade que a cibernética provocou.

A Segunda Guerra Mundial leva o crédito como propulsora dessa ciência interdisciplinar, sobretudo pelo reconhecimento de que a ciência poderia proporcionar vantagens necessárias para vencer a guerra. Assim, devido ao conflito bélico mundial, foram reunidos cientistas egressos de várias áreas do conhecimento para resolver os problemas do esforço de guerra. Constata-se que foi o desenvolvimento de uma arma inteligente que deu origem à cibernética, cujo sucesso se deve à interdisciplinaridade propiciada pelos problemas complexos apresentados pela Segunda Guerra Mundial. Todos os estudos gerados no referido período foram produzidos sob o mesmo molde, com tentáculos tecnológicos e processos constituídos de uma racionalidade algorítmica, na qual suas soluções podem ser planejadas ou mecanizadas.

2.8 Wiener (1950 a 1964): publicações, viagens e conferências

Após a publicação do livro *Cibernética* e do sucesso de venda, Wiener tornou-se popular e muito requisitado. “Por um tempo, segui o curso de aderir aos agrados dos convites para escrever e falar, o que me deu um novo e, talvez, hipotético senso de importância” (WIENER, 1966, p. 332, tradução nossa)¹²⁸. Em 1950, recebeu um convite para ir à França proferir palestras no Collège de France e, como esse convite emanou de seu amigo Mandelbrojt, tornou-se irrecusável. Assim, permaneceu com sua esposa um ano na França e aproveitou para participar do congresso sobre *High-speed Computing Machines and Automatization* que aconteceu em Paris, em janeiro de 1951.

Depois desse congresso, foi à Inglaterra por poucas semanas e retornou a Paris para dar continuidade ao compromisso assumido com o Collège. Em suas palestras, Wiener encontrou seus velhos amigos e, um deles com maior frequência, seu querido amigo Hadamard. Fréchet e Bouligand também foram seus anfitriões e, de modo geral, os matemáticos franceses os acolheram com muita hospitalidade.

Um ano antes, em 1950, Wiener tinha se dedicado a escrever um livro, o qual tinha uma abordagem mais popular da cibernética. Nesse livro Wiener procurou tornar a leitura sobre os conceitos fundamentais da Cibernética e suas implicações sociais e filosóficas mais acessíveis a um público mais vasto. O livro, intitulado “*The Human use of Human Beings*”,

¹²⁸ For a time I followed the course of acceding to the blandishments of invitations to write and to speak, which gave me a new and perhaps spurious sense of importance.

foi publicado pela editora Houghton Mifflin, em 1950, nos Estados Unidos. Então, durante sua estada na França aproveitou para vendê-lo para alguma editora local e, traduzi-lo para o francês. Durante o período que esteve na América e na França, de 1950 a 1953, Wiener escreveu o primeiro volume de sua autobiografia que intitulou de “*Ex-Prodigy*”, publicada em 1953. A escrita desse livro “[...] gerou uma tremenda tensão emocional para aliviar as experiências duras de minha infância como uma criança prodígio, mas escrevê-lo foi, também, o melhor tipo de terapia psiquiátrica” (WIENER, 1966, p. 336, tradução nossa)¹²⁹.

Wiener e sua esposa deixaram a França e foram direto para o México participar das comemorações dos quatrocentos anos da universidade mexicana. Foram duas semanas de festividades e Wiener aproveitou esse tempo para dar continuidade ao seu trabalho com Arturo Rosenblueth e, retornaram aos Estados Unidos em janeiro de 1952. Antes de sua ida a Paris, ele havia recebido um convite de matemáticos indianos para uma visita ao país deles e, então, no final de 1953, viajou para a Índia. O motivo da escolha do período da viagem foi o *ALL-India Science Congress*, sediado em Hyderabad; sua viagem foi motivada pelo fato de: “cada vez mais autores indianos publicam em nossas revistas científicas e, precisamos do oriente cada vez mais para complementar o ocidente, que está mostrando enfraquecimento intelectual e moral na sequência de duas guerras mundiais” (WIENER, 1966, p. 339, tradução nossa)¹³⁰.

Nos Estados Unidos e na Inglaterra, Wiener tinha conhecido muitos estudantes e tido muitos amigos indianos; acabou reencontrando muitos deles nos eventos que participou na Índia. Por meio dessas pessoas, tinha conhecimento de muitos problemas, tipicamente, indianos, e, também, dos valores e atitudes religiosas que são a base da vida na Índia. A recepção cordial que Wiener (1966) recebeu quando pisou em solo indiano, na cidade de Bombay, continuou durante toda a sua estada no país. Depois de Bombay, tomou um avião para a cidade de Ahmadabad para participar de um encontro na Academia de Ciências. O anfitrião desse evento era Sir C. V. Raman¹³¹, prêmio Nobel de Física, laureado em 1930.

Em Ahmadabad, Wiener ficou hospedado na casa do professor Vikram Sarabhai, um físico aplicado, e proferiu um par de palestras na academia, uma sobre teoria quântica e a outra sobre a teoria da predição. A próxima cidade que visitou foi Poona. Lá, foi à universidade e proferiu uma palestra no *National Chemical Laboratory*, onde tomou

¹²⁹ [...] tremendous emotional strain to relive the severe experiences of my childhood as an infant prodigy, but the writing of them was also the best sort of psychiatric therapy.

¹³⁰ [...] more and more Indian authors are publishing in our scientific journals, and we need the orient more and more to supplement a west which is showing the intellectual and moral enfeeblement following two world wars.

¹³¹ Sir Chandrasekhara Venkata Raman (1888-1970), foi um físico indiano. Recebeu em 1930 o Nobel de Física pelos trabalhos sobre o espalhamento da luz e descoberta do Efeito Raman.

conhecimento de importantes pesquisas que estavam sendo realizadas em físico-química. Wiener retornou a Hyderabad para participar do congresso. Toda a delegação estrangeira, participante do congresso, ficou hospedada no Hill Fort, um palácio cujas salas haviam se transformado em dormitórios, e Wiener dividiu uma delas com um casal de cientistas ingleses.

Grande parte dos estrangeiros participantes daquele congresso foram até Aurangabad, após o término do evento, conhecer suas famosas cavernas, inclusive Wiener. Depois do passeio, Wiener dirigiu-se a Madras a fim de encontrar com seu amigo Vijayaraghavan. Deu uma palestra para um grupo de amigos de Vijayaraghavan sobre automatização de fábricas e seus possíveis efeitos no futuro da Índia. Retornou a Bombay por uma semana, como convidado do Tata Institute. Nesse instituto, diz Wiener, “eu encontrei uma rica oportunidade, tanto de ensinar quanto de aprender e, em particular, colaborar com e criticar o trabalho de vários jovens matemáticos (WIENER, 1966, p. 350, tradução nossa)¹³². A estada de Wiener em Bombay converteu-se numa das partes mais proveitosas de sua viagem, pois pode compartilhar com seus colegas indianos aspectos do seu recente trabalho. Quando Wiener foi para a Índia já havia terminado seu estudo sobre o problema da predição de múltiplas séries temporais. Embora tivesse uma solução para o problema, quando encontrou com Masani e Chandrasekharan¹³³, em Bombay, Masani lhe mostrou que o problema poderia ser concebido de outra forma. Então, no tempo em que esteve em Bombay dedicou-se, exaustivamente, à solução desse problema e, o concluiu com êxito.

A teoria da previsão de Wiener, comentada extensivamente nos capítulos anteriores, e a de Kolmogorov, originaram interessantes ramificações matemáticas. Essas ideias foram abordadas, novamente, e sistematizadas em uma versão multivariada, durante a visita de Wiener à Índia. Essa teoria, desenvolvida de forma independente nos Estados Unidos e União Soviética, ocupa posição central na teoria geral dos sistemas estacionários e causais, tendo impulsionado novos *insights* sobre a extensão da teoria espectral de operadores em espaço de Hilbert para a teoria de operadores não normais. Wiener também fez considerações significativas, em área mais complexa, envolvendo sistemas não lineares.

De Bombay, Wiener foi para Calcutá, Agra e depois para Dehi. Nessa última, foi conhecer o *National Physical Institute*, e ficou muito entusiasmado ao tomar conhecimento do

¹³² *I found a rich opportunity both to teach and to learn and, in particular, to collaborate with and to criticize the work of several young mathematicians.*

¹³³ Komaravolu Chandrasekhara (1920) matemático indiano. Estudou em Princeton e foi convidado por Homi Bhabha para juntar-se a Escola de Matemática do Instituto Tata de Pesquisa. Um administrador extraordinariamente talentoso e transformou o Instituto Trata em um centro de pesquisa reconhecido no mundo todo.

trabalho científico que estava sendo desenvolvido por vários grupos de pesquisadores nesse Instituto. Comenta sobre um desses trabalhos, uma pesquisa sobre o uso de energia solar, que já produzia resultados, e projetos mais ousados para o futuro. “A minha estadia na Índia levou-me a refletir sobre as regras futuras de países em um mundo industrializado e científico” (WIENER, 1966, p. 354, tradução nossa)¹³⁴. Entre 1955 e 1956, Wiener tornou-se professor visitante no *Indian Statistical Institute*, em Calcutá. O planejamento econômico e social estava entre as principais preocupações desse Instituto, desse modo, Wiener envolveu-se com questões econômicas e trocou muitas ideias com o economista neerlandês Jan Tinbergen¹³⁵, que também estava visitando o Instituto.

Nas palavras de Wiener, algumas dessas questões resumem-se em:

Em qualquer situação econômica, existem certos fatores fora de nosso controle que são dados estatísticos. Estes incluem o tempo, a fertilidade do cultivo e outros fatores semelhantes. Além disso, há certos fatores que podemos controlar. Por exemplo, a quantidade de grãos de semente a ser plantada, a taxa de juros sobre os empréstimos agrícolas, etc. O problema da planificação consiste em otimizar ou, em outras palavras, minimizar algumas quantidades - dependendo se são controláveis - e os fatores estatísticos incontroláveis, de tal forma que esta seja mantida na média. Tal problema é de caráter estatístico, e, portanto, informativo (MUMFORD, 1967 apud MASANI, 1990, p. 284, tradução nossa)¹³⁶.

Em 1954, Wiener começou a escrever o segundo volume de sua autobiografia, aconselhado pelo seu amigo e editor Jason Epstein¹³⁷. Esse volume, intitulado “*I Am A Mathematician*”, foi publicado em 1956, assim, o incansável Wiener, finalizou essa grandiosa obra com o juízo:

Na idade de 60 anos, eu não vejo o fim dos meus interesses científicos e nem, espero eu, das minhas realizações ... Quantos anos podem ser concedidos a mim... eu não sei; mas, mesmo agora eu posso sentir-me razoavelmente certo de que minha carreira científica, embora tenha começado cedo, é duradoura” (WIENER, 1966, p. 365, tradução nossa)¹³⁸.

¹³⁴ *My stay in India led me to reflect on the future role of the country in a industrialized and scientific world.*

¹³⁵ Jan Tinbergen (1903-1994) economista neerlandês, agraciado com Prêmio de Ciências Econômicas pelo seu trabalho com modelos econômicos, em 1969.

¹³⁶ *In any economic situation there are certain factors beyond our control which are given statistically. These include the weather, the fertility of the crops, and other factors of the sort. In addition there are certain factors which we can control. For example, the amount of seed grain to be planted, the rate of interest on agricultural loans, etc. The problem of planning is to optimize, or in other words minimize, some quantity depending on the controllable and the uncontrollable statistical factors in such a way that this minimization is maintained on the average. Such a problem is of a statistical character, and therefore of an informational character.*

¹³⁷ Jason Epstein (1928-) editor americano, graduado na Universidade de Columbia.

¹³⁸ *At the age of sixty, I do not find myself at the end of my scientific interests nor, I hope, of my achievements. . . . How many years may be granted me ... I do not know; but even now I can feel reasonably sure that my scientific career, though it began early, is lasting late.*

Pouco antes da publicação dessa obra, Wiener fez uma declaração filosófica sobre o significado da vida e, de maneira sucinta, colocou o processo de comunicação como força organizadora de um universo caótico, essencial para a vida dos indivíduos e das sociedades. Ele atribuiu nova perspectiva à cibernética, em resposta ao pessimismo generalizado e ao mal-estar psíquico, provocados pelos horrores da guerra.

Outra sugestão, dada por Jason Epstein a Wiener, foi para que este escrevesse um livro sobre a filosofia da invenção. Wiener aceitou-a, terminando o primeiro rascunho em abril de 1954. Os manuscritos desse livro encontram-se entre os papéis de Wiener no seu arquivo, no MIT. Durante esse período, as correspondências entre ambos, praticamente, referem-se ao segundo volume de sua autobiografia e, depois de sua viagem à Índia, Wiener dedicou-se ao estudo da análise matemática das ondas cerebrais, ficando o manuscrito, por muitos anos, relegado ao esquecimento. Esse livro foi publicado somente após sua morte, em 1993, sob o título *“Invention: The Care of Feeding of Ideas”*. Na época em que o escreveu, indagado sobre o mesmo respondeu:

Se este livro tem algum valor, é para chamar a atenção das pessoas para o que está acontecendo no mundo intelectual e no mundo da invenção, e para chamar a atenção para essas coisas, fundamentalmente, com o propósito de levá-las a tomar uma atitude definitiva no sentido daquilo que considero ser as tendências infelizes dos dias de hoje (WIENER, 1993, prefácio, tradução nossa)¹³⁹.

A data 11 de setembro de 1956 é considerada a data de reconhecimento de uma nova ciência, a Ciência Cognitiva. Isso ocorreu durante um simpósio sobre a Teoria da Informação, realizado no MIT. Nesse simpósio, psicólogos, cientistas do cérebro e teóricos da computação formaram uma aliança para trocar informações, cujos estudos estavam em rápida evolução. Alguns participantes, logo depois desse encontro, tais como o psicólogo George Miller, de Harvard, que tinha feito descobertas intrigantes sobre os limites físicos da capacidade de processamento de informações dos humanos, o neurofisiologista Karl Pribram e o psicólogo e matemático Eugene Galanter reuniram suas ideias em um livro inovador, *“Plans and the Structure of Behavior”*, publicado em 1960. Esse livro foi fundamentado nos estudos de Wiener, Rosenbluth e Shannon, de 1943, e outros também serviram de base para esse estudo

¹³⁹ *If this book has any value at all, it is to call people's attention to what is happening in the intellectual world and the world of invention, and to call their attention to these things fundamentally for the purpose of getting them to take a definite attitude towards what I consider to be the unfortunate trends of the present day.*

como o “*The Computer and Brain*” de von Newmann, *publicado* em 1958, um ano após sua morte.

Por muitos anos, Wiener tinha discutido sobre fenômenos que envolviam processos aleatórios, com Lee e com A. G. Bose, do Departamento de Engenharia Elétrica e do Laboratório de Pesquisa em Eletrônica do Instituto de Tecnologia de Massachusetts, respectivamente. Um desses fenômenos estudados envolvia o sistema de ondas cerebrais, que é um sistema auto-organizador em que fenômenos não lineares desempenham papel fundamental, e, para Wiener (1961), a estrutura de tal sistema é passível de tratamento matemático preciso.

Sabe-se, há muito tempo, que a atividade do sistema nervoso envolve certos potenciais elétricos. O desenvolvimento de uma nova técnica, a eletrônica, alavancou o estudo eletrofisiológico¹⁴⁰. Seu desenvolvimento ocorreu a partir de dois inventos, como descreve Wiener (1961). O primeiro foi baseado nos estudos de Thomas Alva Edison, que observou um fenômeno, atualmente denominado de efeito termiônico. À época, Edison verificou que, quando aquecia um filamento no vácuo parcial, tornava-se possível provocar a circulação de corrente entre este filamento e uma placa metálica dentro desse mesmo vácuo. Essa observação deu origem às válvulas elétricas para amplificação e, com isso, foi possível efetuar uma transformação razoavelmente fiel de potenciais fracos em fortes.

O segundo invento, também implicava na condução de eletricidade no vácuo, e registrava, em papel ou película fotográfica, as oscilações procedentes de um sinal elétrico, ou mecânico, em função do tempo. Esse invento é conhecido como oscilógrafo de raios catódicos. Com a ajuda desses dois dispositivos, os fisiologistas do século XX ampliaram o alcance e a precisão de suas pesquisas.

Com esses meios, fomos capazes de obter registros precisos do curso de tempo dos potenciais mínimos que surgem entre dois eletrodos situados sobre o couro cabeludo, ou implantados no cérebro. Embora esses potenciais já tivessem sido observados no século XIX, a disponibilidade de novos registros precisos provocou grandes esperanças entre os fisiologistas de vinte ou trinta anos atrás (WIENER, 1961, p.182-183, tradução nossa)¹⁴¹.

¹⁴⁰ A eletrofisiologia, ramo da fisiologia, é o estudo das propriedades elétricas das células e tecidos vivos. Envolve medições de diferenças de potencial elétrico numa vasta variedade de escalas.

¹⁴¹ *With these means, we have been able to obtain accurate records of the time course of the minute potentials arising between two electrodes placed on the scalp or implanted in the brain. While these potentials had already been observed in the nineteenth century, the availability of the new accurate records excited great hopes among the physiologists of twenty or thirty years ago.*

Quando um par de eletrodos é colocado em dois pontos do couro cabeludo, uma diferença pequena de potencial pode ser detectada. Essa detecção só é possível com o uso combinado de um amplificador e um osciloscópio de raios catódicos¹⁴². Um registro dessa diferença de potencial, amplificado, pode ser obtida em função do tempo, chamada de eletroencefalograma (EEG). No início, as esperanças de que o eletroencefalograma permitiria, de fato, uma “*writings of the brain*” eram bem poucas.

Os dados registrados eram curvas, extremamente complicadas e irregulares e, até os mais habilidosos leitores foram capazes de decifrar apenas alguns ritmos. Embora fosse possível discernir certas frequências predominantes, tais como o ritmo alfa de cerca de 10 oscilações por segundo, o registro impresso não constituía uma forma adequada para uma manipulação matemática posterior. Wiener e alguns outros pesquisadores, estavam certos de que os registros apurados eram dignos de estudos. Assim, Wiener tentou transmitir a importância do eletroencefalograma para uma plateia de médicos, em Nova York.

Dada à inadequação dos registros apurados para a manipulação matemática, foi necessário, em primeiro lugar, substituir tais registros por outros mais bem ajustados à instrumentação e, um dos melhores meios consistia na fita magnética.

Os registros podem ser tomados, e um espectro pode ser obtido a partir dos coeficientes de autocorrelação. Não é necessário dizer muito sobre instrumentação. O truque que usamos é o seguinte. Tomamos o registro da tensão das ondas cerebrais, mas, em vez de gravá-la no papel, nós gravamos em fita magnética, e nós gravamos em modulação de frequência. Modulação de frequência (FM) é muito importante, pelas seguintes razões. Com a reprodução repetida, uma certa quantidade de apagamento da mensagem ocorre na fita magnética. O efeito disto é de apagamento muito menos importante do que para a modulação de frequência para modulação de amplitude. Na verdade, para modulação de frequência o apagamento é de pouca importância até que o apagamento está quase concluída. Assim FM evita distorcer nossa mensagem em replay (WIENER, 1958, p. 67, tradução nossa)¹⁴³.

As técnicas para a elaboração de registros de autocorrelação são igualmente aplicáveis na espectroscopia. As considerações de Wiener (1961) o levaram a submeter esses resultados,

¹⁴² O osciloscópio é um instrumento de medida eletrônico que cria um gráfico bidimensional visível de uma ou mais diferenças de potencial. O eixo horizontal do monitor normalmente representa o tempo, tornando o instrumento útil para mostrar sinais periódicos. O eixo vertical comumente mostra a tensão.

¹⁴³ *Records can be taken, and a spectrum can be obtained from the autocorrelation coefficients. I do not need to say very much about instrumentation. The trick that we use is the following. We take the record of the voltage of the brain waves, but, instead of recording it on paper, we record it on magnetic tape, and we record in frequency modulation. Frequency modulation is very important for the following reasons. With repeated playing, a certain amount of erasure of the message occurs on the magnetic tape. The effect of this erasure is of much less important for frequency modulation than for amplitude modulation. In fact, for frequency modulation (FM) the erasure is of little importance until the erasure is almost complete. Thus FM avoids distorting our message in replay.*

registros da autocorrelação, à análise harmônica generalizada. Wiener (1961) apresentou graficamente o resultado alcançado de uma análise harmônica da autocorrelação, processada por um computador digital de alta velocidade no centro de computação do MIT, um IBM 709, cujo resultado considerou bastante satisfatório. Com relação aos dados apurados, “é desejável que a espécie de trabalho que mencionamos nessas sugestões seja desenvolvida por trabalho instrumental mais preciso, com melhores instrumentos, de modo que as sugestões aqui apresentadas possam ser, definitivamente, verificadas ou rejeitadas” (WIENER, 1961, p.191, tradução nossa)¹⁴⁴.

Em 1958, Wiener aceitou a sugestão de Lee e Bose, para dar uma série de palestras para um grupo de estudantes do MIT, no curso de engenharia elétrica. O MIT ofereceu todos os recursos necessários para que essas palestras ocorressem, desde os seus registros, oral e escrito. Ao todo, foram 15 palestras com diferentes abordagens, as quais deram origem ao livro “*Nonlinear Problems In Random Theory*”, publicado em 1958. Escrito em linguagem informal, como a que usava em suas palestras, o manuscrito desse livro foi preparado pelos participantes do curso e contém 15 capítulos, cada qual referente a uma de suas preleções.

Um ano antes dessas palestras, Wiener recebeu duas condecorações, uma do *Grinnell College* e a outra da *Rudolf Virchow Medical Society* e, no ano seguinte, dedicou-se a um campo diferente do seu. Escreveu dois contos e um romance. O romance, “*The Tempter*”, foi publicado em 1959. A carta que o professor e astrônomo V. Ambartsumian, presidente da Academia de Ciências da Armênia, escreveu para Wiener, comentando sobre o seu romance, nos dá uma ideia de sua trama.

Muito obrigado pela cópia de seu romance "O Tentador". Eu acabei de terminar a leitura do livro, e gostaria de dizer que me interessou muito. Como você sabe, aqui quase já esquecemos o período em que havia privadas em nosso país. Portanto, um romance que descreve as atividades das empresas no que diz respeito à aplicação de novas ideias científicas e invenções técnicas, e os conflitos morais decorrentes dessas atividades, abriu-me um aspecto desconhecido da vida de seu país. Talvez, seja útil para a nossa jovem geração também familiarizar-se com esses problemas. Portanto, eu acho que vale a pena publicarmos aqui uma tradução deste livro, e eu deveria tentar fazer isso através de *State Publishing House*. Claro, isso é apenas minha intenção, e eu escrevo isso para você só para mostrar que fiquei muito impressionado com seu romance. Sendo um astrônomo quase completamente dedicado à minha ciência, eu tenho, ainda, algum interesse em problemas matemáticos e, portanto, aproveito esta oportunidade para enviar-lhe o meu

¹⁴⁴ *It is highly desirable that the sort of work which we have mentioned in these suggestions be followed up by more accurate instrumental work with better instruments so that the suggestions which we here make can be definitely verified or definitely reject.*

profundo apreço pelo seu trabalho de pesquisa. Com meus cumprimentos (MASANI, 1999, p. 337, tradução nossa)¹⁴⁵.

Wiener, tempos depois, respondeu a essa carta, afirmando sentir-se lisonjeado e solidário com seu projeto, a tradução e publicação de seu romance. Porém, Wiener sabia das dificuldades que Ambartsumian enfrentaria ao tentar publicar seu livro na União Soviética, ou mesmo, de qualquer outro cientista americano. Ainda em 1959, Wiener deu um curso de verão na UCLA, Universidade da Califórnia em Los Angeles, e ministrou outros cursos nessa mesma universidade, durante o verão de 1961 e 1963. Em 1960, Wiener foi agraciado com o título de professor Benemérito do MIT, por suas relevantes contribuições a esse Instituto. Ainda durante esse ano, foi à Itália e proferiu palestras na Universidade de Nápoles e aproveitou essa viagem para conhecer a União Soviética.

Tempos atrás, Wiener fora convidado, oficialmente, para visitar Moscou. Resolveu aceitar o convite, embora estivesse apreensivo com relação a quaisquer experiências políticas desagradáveis que pudessem ocorrer. Ao contrário de sua expectativa, sua viagem foi um sucesso e, em suas palestras, até discutiu suas ideias sobre ciência e sociedade, não se restringindo somente aos aspectos técnicos. Esse discurso originou um artigo, que foi publicado no *Vosprosy Filosofii*, "*Science and Society*", impresso em 1961. Nesse artigo Wiener afirma que, embora a ciência se constitua em importante contribuição para a homeostase da comunidade, essa contribuição deverá ser revista a cada geração, pois, o crescente progresso das artes e das ciências significa que não é possível admitir como definitiva a sabedoria alcançada por uma sociedade, numa determinada época.

Na União Soviética a Cibernética começou a ser estudada por volta de 1955. Para Ford (1970), os primórdios do programa soviético em Cibernética quase produziu uma psicose nacional. De um lado, estavam alguns cientistas dogmatistas do Partido, que procuravam perpetuar a distinção tradicional das ciências juntamente com a teoria marxista do desenvolvimento social e, do outro, estava um grupo de matemáticos e tecnólogos que fomentavam a Cibernética como uma ciência unificadora e como um instrumento de

¹⁴⁵ *Many thanks for the copy of your novel "The Tempter". I have just finished reading of the book and should like to say that it interested me very much. As you know we have here almost forgotten the times when there were private companies in our country. Therefore a novel describing the activities of companies as regards to application of new scientific ideas and technical inventions and the moral conflicts arising from these activities has opened to me an unknown aspect of the life of your country. Perhaps it will be useful for our young generation also to be acquainted with these problems. Therefore I think that it is worth while to publish here a translation of this book and I suppose to try to do this through State Publishing House. Of course, this is only my intention and I write this to you only to show how much I was impressed by your novel. Being an astronomer almost completely devoted to my science I have still some interest in mathematical problems and therefore I take this opportunity to send you my deep appreciation of your research work. With kindest regards. Yours sincerely.*

orientação de processos sociais. Em 1961, durante a realização do XXII Congresso do Partido Comunista Soviético, essa polêmica foi resolvida a favor do grupo pró-cibernética, pois foi declarado que:

A introdução de sistemas de controle automáticos altamente aperfeiçoados será acelerada. É imperativo organizar uma aplicação mais ampla da Cibernética, de dispositivos de computadores eletrônicos de tomadas de decisões e instalações de controle de produção, pesquisa, planos, projetos, planejamento, contabilidade, estatística e administração estatal (FORD, 1970, p. 155).

O período de disputas estratégicas e conflitos indiretos entre os Estados Unidos e a União Soviética tornou-se histórico. Esse período teve início após a Segunda Guerra Mundial, em 1947, e estendeu-se até 1991. Foi marcado por um clima hostil à cultura e à ciência e denominado de “Era da Guerra Fria”. Em face à realidade termonuclear e de um mundo à beira de uma revolução, ameaçado por uma corrida armamentista e tecnológica, esses países buscavam, freneticamente, maior potência e velocidade em seus desenvolvimentos científicos. Compunham, como prioritários, a corrida espacial e complicados sistemas militares. Defendendo o uso humanizado da tecnologia, Wiener ponderou que tais desenvolvimentos “poderiam ser uma corrida para descobrir e usar técnicas, na pátria e no exterior, para aumentar a ordem e não a desordem no mundo, a harmonia em vez do caos, a evolução em vez da revolução social” (FORD, 1970, p. 179).

Em janeiro de 1964, Norbert Wiener com seus colegas, Weisner e Bush, receberam das mãos do Presidente da República, Lyndon B. Johnson, a *National Medal of Science*, na Casa Branca. O discurso do presidente, ao condecorá-los, referiu: “para contribuições maravilhosamente versáteis, profundamente originais, variando entre a matemática pura e a aplicada e penetrando audaciosamente no campo da engenharia e ciências biológicas” (NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UNITED STATES, 1992, p. 424, tradução nossa)¹⁴⁶. Ainda, no início de 1964, publicou o livro “*God and Golem INC.*”, que lhe rendeu o prêmio de literatura *National Book Award*, em 1965.

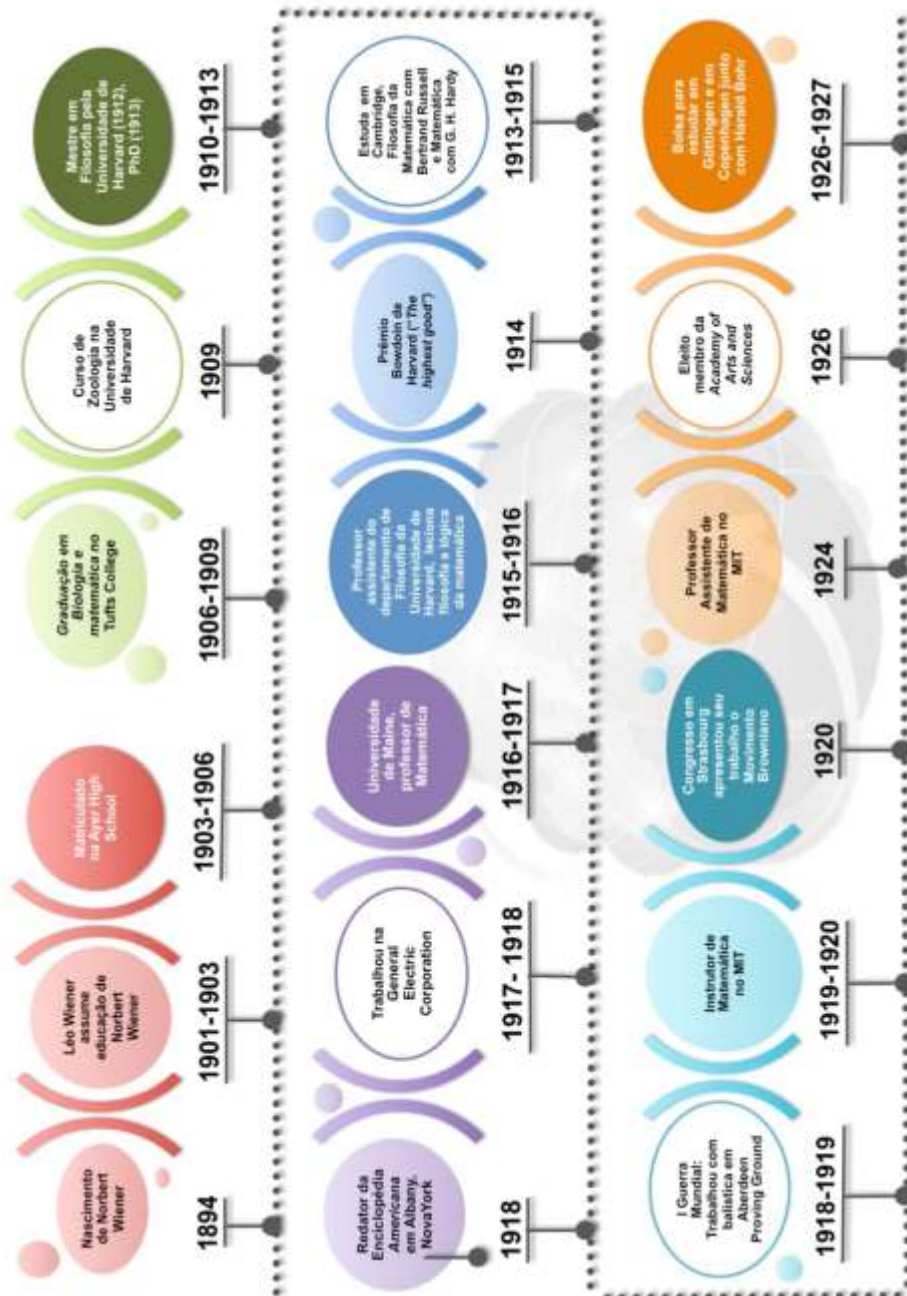
As produções científicas de Wiener abarcam várias áreas de conhecimento tais como: Matemática, Física, Engenharia, Filosofia, Fisiologia e Psicologia e, a relação de tais produções, são apresentadas no Anexo¹⁴⁷ desse trabalho. Nessa reconstrução histórica sobre a

¹⁴⁶ *For marvelously versatile contributions, profoundly original, ranging within pure and applied mathematics and penetrating boldly into the engineering and biological sciences.*

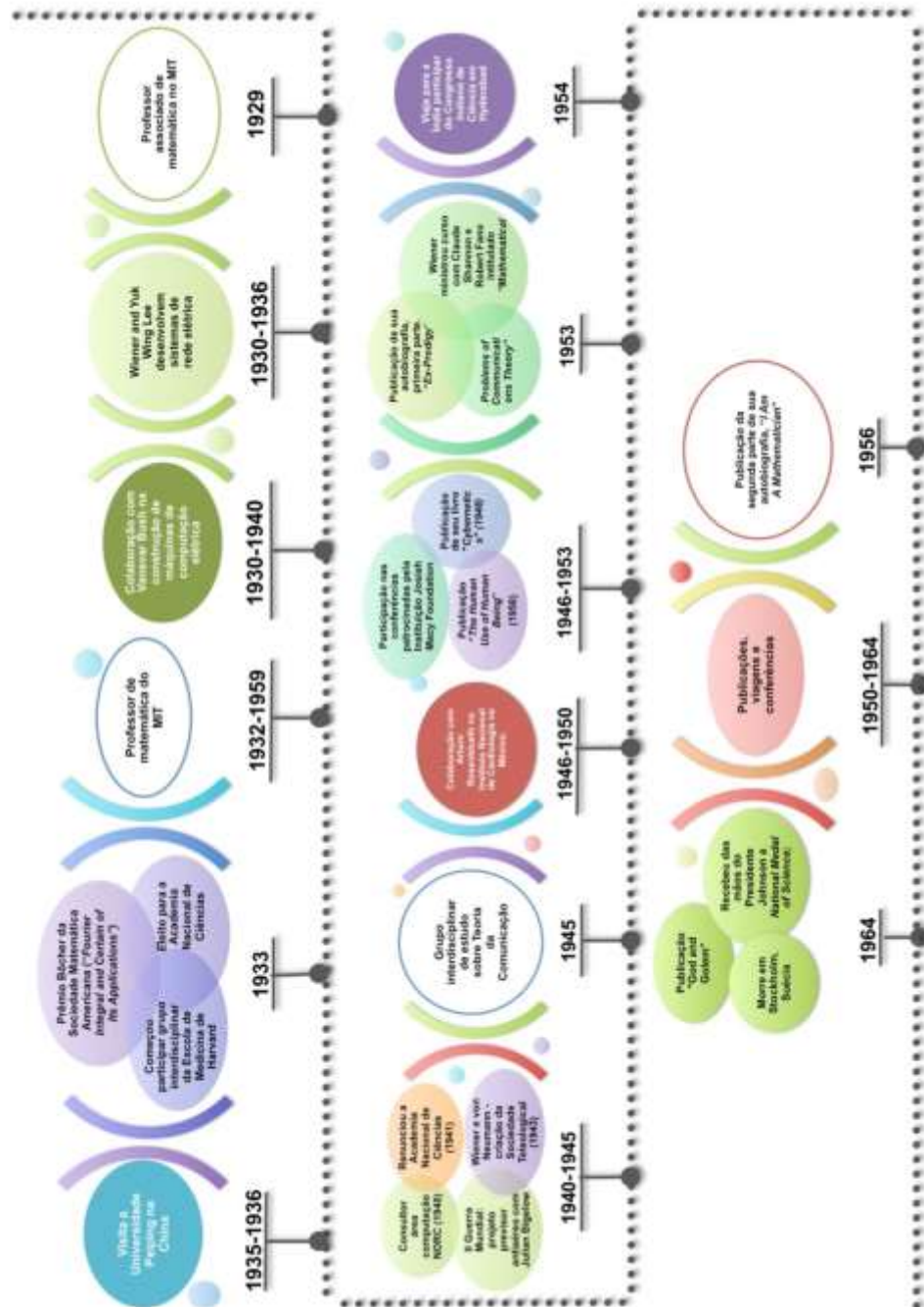
¹⁴⁷ A lista em ordem alfabética, apresentada no anexo, relaciona as produções, publicadas ou não, de Norbert Wiener. O título de cada obra é seguido da data de sua publicação, porém quando esta é desconhecida, é informada uma data provável, por exemplo ca. 1950, ou um período de anos, exemplo 1950-1955. Esta lista foi

trajetória de Wiener há pontos marcantes que merecem ser destacados. Por isso, apresenta-se a seguir uma linha do tempo (Figura 1) na qual se buscou registrar os principais acontecimentos que marcam a história de Wiener e, consequentemente, dos avanços científicos desenvolvidos por ele.

Figura 1 - Linha do tempo da trajetória de Wiener



extraída do guia de papéis de Norbert Wiener disponibilizada pelo *Massachusetts Institute of Technology* (Collection name MC022).



Fonte: elaborada pela autora

Na primavera de 1964, Wiener e sua esposa viajaram para a Europa. Foi à Amsterdam como professor visitante e como representante legal da Neurocibernética, no *Netherlands Central Institute for Brain Research*. Deu algumas palestras na Noruega e Suécia, e aproveitaram, também, para visitar alguns amigos escandinavos, com os quais estavam

planejando uma pequena celebração. Essa celebração acabou não acontecendo, pois, Wiener teve um ataque cardíaco e veio a falecer em Stockholm no dia 18 de março de 1964.

3. NORBERT WIENER: CIÊNCIA, ÉTICA E FILOSOFIA

Os acontecimentos da Segunda Guerra Mundial criaram um mundo de circunstância adversa para os praticantes da ciência que se viram envolvidos com problemas de natureza desconhecida. O homem “dialoga com as coisas, com os seus semelhantes e, muitas vezes, consigo mesmo, procurando um ajuste intelectual com o contorno - ajuste indispensável para o bem viver. Esse diálogo mantido com a circunstância requer uma linguagem” (HEGENBERG, 1975, p. 1).

A linguagem indispensável para tal diálogo nem sempre é trivial. “Em geral, a natureza não propõe problemas fáceis, dado quase sempre o elevado número das variáveis neles envolvidas” (BICUDO, 2009, p. 32). Os problemas que os cientistas se propõem a resolver, quase sempre, refletem a cultura e a necessidade de uma época. Para Bronowski (1983, p. 20), “cada época exibe um ponto de inflexão, uma nova maneira de ver e afirmar a coerência do mundo”. Assim, o pensamento de cada época se reflete em sua técnica e, com relação à maquinaria.

Em qualquer estágio da técnica, desde Dédalo ou Heron de Alexandria, a habilidade do artífice em produzir um trabalho simulacro de um organismo vivo sempre intrigou o povo. Esse desejo de produzir e estudar autômatos sempre foi expresso em termos da técnica viva do tempo. Nos dias da magia, tivemos o conceito bizarro e sinistro do Golem, figura de barro na qual o Rabi de Praga soprou vida com a blasfêmia do Inevitável Nome de Deus. Nos tempos de Newton, o autômato torna-se a caixinha de música, com pequenas efígies piruetando, rigidamente, sobre a tampa. No século dezenove, o autômato é a glorificada máquina a vapor, queimando algum combustível em vez de glicogênio dos músculos humanos. Finalmente, o autômato atual abre as portas por meio de fotocélulas ou aponta canhões para o ponto em que um feixe de radar pega um avião, ou computa a solução de uma equação diferencial (WIENER, 1961, p. 40-41, tradução nossa)¹⁴⁸.

A natureza da cibernética, em sua essência, não reconhece fronteiras entre as ciências estabelecendo comunicabilidade entre os seus diversos ramos. Por outro lado, de modo geral, a ciência continua em um movimento frenético em direção à especialização, na qual cada cientista conhece apenas um ramo do assunto em questão. A recusa de Wiener em reconhecer

¹⁴⁸ *At every stage of technique since Daedalus or Hero of Alexandria, the ability of the artificer to produce a working simulacrum of a living organism has always intrigued people. This desire to produce and to study automata has always been expressed in terms of the living technique of the age. In the day of magic, we have the bizarre and sinister concept of the Golem, that figure of clay into which the Rabbi of Prague breathed life with the blasphemy of the Ineffable Name of God. In the time of Newton, the automaton becomes the clockwork music box, with the little effigies pirouetting stiffly on top. In the nineteenth century, the automaton is a glorified heat engine, burning some combustible fuel instead of the glycogen of the human muscles. Finally, the present automaton opens doors by means of photocells, or points guns to the place at which a radar beam picks up an airplane, or computes the solution of a differential equation.*

qualquer tipo de fronteira nas ciências justifica o caráter interdisciplinar da nova ciência sobre a qual vimos escrevendo. Essa recusa pode ser melhor compreendida ao centrarmos a atenção na sua formação acadêmica e intelectual. Em um momento em que a especialização científica impedia as possibilidades de comunicação entre as diversas áreas, possivelmente devido às diferenças de linguagens entre os cientistas, Wiener propõe uma nova ciência, na qual a premissa para produzir algo consistia nos esforços da equipe para entender a linguagem um do outro. Em vários artigos e livros, Wiener deixa clara sua indignação a esse respeito e, em um deles comenta:

Hoje, existem poucos estudiosos que se podem denominar matemáticos, físicos ou biólogos, sem restrição. Um homem pode ser um topologista ou um acústico ou, ainda, um coleopterólogo. Estará impregnado do jargão de sua área e conhecerá toda a sua literatura e as respectivas ramificações, mas, muito frequentemente, considera o tema vizinho como algo da alçada de seu colega que está três portas adiante no corredor, e julgará qualquer interesse dele em seu campo como uma intromissão injustificável (WIENER, 1961, p. 2, tradução nossa)¹⁴⁹.

Essa prática não está estagnada, e, nos tempos atuais são ainda mais evidentes. Wiener e seu amigo, o Dr. Rosenblueth, compartilhavam dessa ideia muito antes de suas investigações tomarem o mesmo rumo.

Sonhamos, durante anos, com uma instituição de cientistas independentes, que trabalhassem juntos num desses sertões da ciência, não subordinados a algum alto funcionário executivo, mas associados pelo desejo, de fato, pela necessidade espiritual, de entender a região como um todo, e de emprestar, um ao outro, a força desse entendimento (WIENER, 1961, p. 3, tradução nossa)¹⁵⁰.

Para Wiener (1961), há campos de trabalhos científicos que foram explorados por diferentes áreas, tais como: matemática, estatística, eletrotécnica e neurofisiologia. Cada noção recebe, de cada uma dessas áreas, denominações diferentes e, em algumas delas, os trabalhos são triplicados, ao passo que, em outras, são postergados pela impossibilidade de encontrar resultados que, talvez, já configurem uma solução clássica em outro campo. São

¹⁴⁹ *Today there are few scholars who can call themselves mathematicians or physicists or biologists without restriction. A man may be a topologist or an acoustician or a coleopterist. He will be filled with the jargon of his field, and will know all its literature and all its ramifications, but, more frequently than not, he will regard the next subject as something belonging to his colleague three doors down the corridor, and will consider any interest in it on his own part as an unwarrantable breach of privacy.*

¹⁵⁰ *We had dreamed for years of an institution of independent scientists, working together in one of these backwoods of Science, not as subordinates of some great executive officer, but joined by the desire, indeed by the spiritual necessity, to understand the region as a whole, and to lend one another the strength of that understanding.*

essas regiões fronteiriças da ciência que oferecem as mais ricas oportunidades ao investigador qualificado.

Dr. Rosenblueth insistia que uma exploração apropriada desses espaços em branco do mapa da ciência só poderia ser feita por uma equipe de cientistas, cada especialista em seu próprio campo, mas, cada um dotado de um conhecimento inteiramente razoável e adequado das áreas de seus vizinhos; habituados todos a atuar em conjunto, a conhecer os hábitos intelectuais mútuos e a reconhecer o significado de uma sugestão do colega antes que ela tenha assumido uma plena expressão formal. O matemático não precisa possuir a habilidade de conduzir um experimento fisiológico, mas deve estar capacitado a entender, a criticar e a sugerir (WIENER, 1961, p. 3, tradução nossa)¹⁵¹.

O ponto de vista utópico de Wiener sobre ciência e sua prática encontra plasticidade na sua ciência cibernética “que se coloca entre as disciplinas gerais do espírito, como a lógica, o pensamento filosófico, a metodologia e a matemática” (MOLES, 1973, p. 83). Com relação à educação e à prática de ciência, outro ponto que desaponta e aflige Wiener é:

[...] a preferência das grandes escolas de cultura pelo derivado, enquanto oposto ao original, pelo convencional e apoucado que possa ser duplicado em muitas cópias, em vez do novo e do vigoroso, e pela árida correção e limitação de amplitude e método, em lugar da novidade e beleza universais, onde possam ser encontradas. Protesto, além disso, não apenas, como já protestei, contra a supressão da originalidade intelectual devido às dificuldades dos meios de comunicação no mundo moderno, mas sobretudo, contra o machado cravado na raiz da originalidade porque as pessoas que escolheram a comunicação como carreira não têm, amiúde, nada mais a comunicar (WIENER, 1954, p. 133).

Outro ponto a ser considerado refere-se às questões éticas do pensamento de Wiener, concernentes às suas produções científicas. Durante várias décadas, a relação da ciência com a guerra tem provocado debates radicais sobre sua natureza e o papel assumido pela comunidade científica, no que diz respeito, justamente, ao seu envolvimento com a guerra. Há uma consciência generalizada de que a matemática é uma das ciências provocadoras desse debate, devido a sua contribuição à indústria bélica e às estratégias de guerra. Em resposta a uma carta de Giorgio de Santillana (1902-1974), professor no MIT, ele expõe sua opinião a esse respeito.

¹⁵¹ *Dr. Rosenblueth has Always insisted that a proper exploration of these blank spaces on the map of Science could only be made by a team of scientists, each a specialist in his own field but each possessing a thoroughly sound and trained acquaintance with the fields of his neighbors; all in the habit of working together, of knowing one another's intellectual customs, and of recognizing the significance of a colleague's new suggestion before it has taken on a full formal expression. The mathematician need not have the skill to conduct a physiological experiment, but he must have the skill to understand one, to criticize one, and to suggest one.*

Desde que a bomba atômica foi lançada, estou tentado me recuperar de uma crise de consciência como um dos cientistas que, tendo feito trabalho de guerra e tendo visto seu trabalho de guerra integrar-se a um conjunto mais amplo de ações, o qual está sendo usado de maneira que eu não aprovo e sobre o qual eu não tenho, absolutamente, nenhum controle. Eu acho que os presságios para uma terceira guerra mundial são visíveis, e eu não tenho nenhuma intenção de deixar os meus serviços serem usados em tal conflito. Eu considere seriamente a possibilidade de desistir do meu trabalho de produção científica, porque sei que não há maneira de publicar, sem deixar minhas invenções irem parar em mãos erradas. Quanto à possibilidade de ir para a Itália para uma visita, gostaria de ver se, realmente, temos paz suficiente para considerá-la (WIENER, 1945, tradução nossa)¹⁵².

Aqueles que contribuíram para a nova ciência da cibernética se encontravam em uma posição moral pouco confortável, aclamava Wiener (1961). Contribuíram para o início de uma nova ciência, que abarca desenvolvimentos técnicos de grandes possibilidades para o bem e para o mal, e sequer lhes foi concedida a opção de suprimir esses novos desenvolvimentos. Sendo assim, o melhor a se fazer é cuidar para que o público entenda a tendência e o alcance desses trabalhos, limitando os esforços científicos aos campos, tais como psicologia, fisiologia e outros, que não tenham relação direta com a guerra.

No período de 7 a 10 de janeiro de 1947, aconteceu o simpósio sobre *Large Scale Digital Calculating Machinery*, no *Computation Laboratory*, na universidade de Harvard que, comemorou a inauguração de seu novo laboratório. Hodges (2000) afirma que essa conferência reuniu um grande número de participantes americanos interessados nesse assunto, exceto Wiener, cuja recusa em participar desta conferência marcou, definitivamente, sua dissociação pública de toda a ciência financiada pelos militares. Alan Turing foi o único britânico a participar desse simpósio e, grande parte deste, foi tomado pelas suas discussões.

Para Wiener, a corrida armamentista nuclear delineava uma ciência fora de controle, provocando uma onda de desconfiança e decepção. Embora um tanto fatalista sobre a cumplicidade da ciência na dominação da humanidade, um dos inúmeros esforços de Wiener para amenizar tal situação, foi utilizar o conhecimento como um antídoto contra o potencial destrutivo da tecnologia. Como, por exemplo, o manuscrito de um projeto para redesenhar as cidades americanas que ele acreditava vulneráveis a um ataque atômico, em decorrência de problemas de concentração industrial e congestionamento urbano.

¹⁵² *Ever since the atomic bomb fell I have been recovering from an acute attack of conscience as one of the scientists who has been doing war work and who has seen his war work a part of a larger body which is being used in a way of which I do not approve and over which I have absolutely no control. I think the omens for a third world war are black and I have no intention of letting my services be used in such a conflict. I have seriously considered the possibility of giving up my scientific productive effort because I know no way to publish without letting my inventions go to the wrong hands. As to the possibility of going to Italy for a visit I should like to see whether we really have peace enough for me to consider it.*

O desenvolvimento desse projeto teve a colaboração de dois colegas do MIT, o historiador de ciência, Giorgio Santillana e, o cientista político, Karl W. Deutsch. O manuscrito desse projeto nunca foi impresso, apesar dos esforços de seus colaboradores. Para Kargon e Molella (2004), o único vestígio desse trabalho foi uma publicação da revista *Life*¹⁵³, em 1950, que entrevistou seus três autores deste projeto. Apesar desse estudo não aparecer na bibliografia de Wiener, Kargon e Molella (2004) afirmam que foram capazes de rastrear o manuscrito, entre os papéis de Wiener no MIT, intitulado “*Cities that Survive the Bomb*”. O problema de segurança das grandes cidades é ainda maior nos dias atuais, e tema proeminente do governo e da atenção popular.

As relações de Wiener com as instituições científicas e governamentais eram conflituosas. Como já citado anteriormente, Wiener foi eleito membro da Academia Nacional de Ciências, em 1934 e, em 1941, renunciou a esse cargo. O motivo da renúncia, de acordo com Masani (1990), foi devido às relações pouco amigáveis com vários membros dessa academia. Porém, em 27 de setembro de 1941, escreveu uma carta ao presidente da Academia, Frank B. Jewett (1879-1949), expondo as razões que o levaram à renúncia, cuja versão do conteúdo é transcrita a seguir:

É com grande pesar que soube de sua prolongada enfermidade, e com grande prazer que eu ouço que você, agora, está entrando em forma novamente. Lamento ter de continuar a perturbá-lo sobre assuntos da Academia, em especial após sua carta, muito gentil, que eu apreciei sinceramente. No entanto, sinto que tenho que fazê-lo. A Academia opera em, pelo menos, três regras distintas e, para minha mente, essas regras não são compatíveis umas com as outras. Ela é, no mínimo, uma agência quase oficial do governo dos Estados Unidos, confiada ao conselho do Governo sobre questões científicas. Ele é o patrocinador de certas revistas e fundos para a investigação. É uma sociedade na qual ocorre a autopropetuação de membros restritos, considerando-se que fazer parte desse seleto rol de membros é uma grande honraria para o beneficiário, entre outras honrarias e prêmios que também são atribuídos a eles. Como uma agência governamental, distingue-se da maioria das outras por possuir pessoas em relação as quais nenhum outro departamento do governo tem algo a dizer, com relação à duração do mandato ou quanto à nomeação. O corpo de oficiais do Exército, da Marinha, e outros serviços relacionados compartilham, a longo prazo, da gestão da Academia; mas as suas nomeações são, praticamente, regulamentadas pelo Congresso. Isto é verdadeiro no poder judiciário. Não conheço outro caso importante, além da Academia, em que o Congresso, após a nomeação de uma organização como uma agência do governo, seja completamente deixada à própria sorte, com a delegação de autoridade contínua e autopropetuada (no sentido estrito da palavra), exercida por um grupo de homens irresponsáveis. Isso me parece distorcido, pelo fato de que o Congresso tenha incorrido qualquer responsabilidade financeira relativa à Academia, quer em matéria de salários ou de outra forma (MASANI, 1990, p. 356, tradução nossa)¹⁵⁴.

¹⁵³ "How U.S. Cities Can Prepare for Atomic War: MIT Professors Suggest a Bold Plan to Prevent Panic and Limit Destruction", *Life*, 18 December 1950, 77-86.

¹⁵⁴ It is with great regret that I read of your prolonged ill-health, and with great pleasure that I hear that you are now coming into shape again. I am sorry to continue to disturb you on Academy matters, particularly after your

Outro ponto, digno de atenção, é referente às máquinas computadoras. Para Wiener (1961), o domínio das máquinas acarreta um dos problemas mais imediatos da humanidade. Dá à raça humana uma nova e eficiente coleção de escravos mecânicos. Por um lado, pode ser ótimo para a humanidade que a máquina a desobrigue do trabalho servil e desagradável, por outro, pode não se-lo. O fruto do desemprego, em decorrência da automação, deixou de ser hipótese para transformar-se em dificuldade real e extremamente importante nos tempos atuais e, essa nova potencialidade é avaliada em termos do dinheiro que poupam, contudo, sem a devida atenção ao trabalhador.

Wiener comenta, no prefácio de seu livro, “*God and Golem INC.*”, publicado em 1964, que a cibernética quando surgiu não passava de uma ideia, uma conjectura nova, cujas implicações de ordem social e científica ainda permaneciam obscuras. E, passados quinze anos, ou pouco mais, a cibernética já repercutiu na esfera científica, bem como na social, justificando uma obra, como a referida. Grande parte do trabalho de Wiener está relacionado a problemas relativos à comunicação e ao controle da máquina e dos seres vivos, e

[...] sobre as novas técnicas associadas às noções fisiológicas e de Engenharia; e sobre o estudo das consequências dessas técnicas para as conquistas dos propósitos humanos. O conhecimento está intimamente ligado à comunicação, o poder ao controle, e a avaliação dos propósitos humanos à ética e aos aspectos normativos da religião (WIENER, 1964, p. 14-15, tradução nossa)¹⁵⁵.

Wiener (1964) distingue três aspectos da cibernética que acarretam questões de ordem filosóficas e religiosas. O primeiro refere-se às máquinas com a capacidade de aprender; o

very kind letter, which I sincerely appreciate. Nevertheless, I feel that I must do so. The Academy operates in at least three distinct roles, and to my mind these roles are not compatible with one another. It is at least a quasi-official agency of the United States Government, entrusted with the advice of the Government on scientific matters. It is the custodian of certain journals and funds for research. It is a self-perpetuating society of restricted membership, considering the gift of that membership as a high honor on the recipient, among other honors and prizes which are also within its gift. As a government agency, it is distinguished from most others by possessing a personnel concerning which no other department of the government has any say, either as to term of office, or as to appointment. The corps of officers of the Army, the Navy, and other related services share the long term of office of the Academy; but their appointments are much more definitely regulated by Congress. This is likewise true of the judiciary. I know no other important case besides the Academy in which Congress, after appointing an organization as a government agency, has completely left it to its own devices, and has conveyed a continuing authority upon a self-perpetuating and (in the strict sense of the word) irresponsible body of men. This is somewhat glazed over by the fact that Congress has incurred no financial responsibility for the Academy, either in the matter of salaries or otherwise.

¹⁵⁵ [...] on the new engineering and physiological techniques attaching to these notions; and on the study of the consequences of these techniques for the achievement of human purposes. Knowledge is inextricably intertwined with communication, power with control, and the evaluation of human purposes with ethics and the whole normative side of religion.

segundo, às máquinas que se reproduzem, e o terceiro à interação entre o homem e a máquina. Embora o aprendizado seja uma propriedade atribuída ao sistema vivo, existe, hoje, o computador que pode ser programado como, por exemplo, para jogar e, ainda, aprender por meio de experiências passadas. Essas máquinas mostraram-se capazes de vencer seu inventor no jogo. “Ela venceu”, escreve o autor e, “ela aprendeu a vencer; e o método de aprendizado não diferia, em princípio, do método utilizado pelo jogador humano que aprende a jogar o jogo de damas” (WIENER, 1964, p. prefacio, tradução nossa)¹⁵⁶.

Essa ideia de construir máquinas que aprendem é muito ampla, tendo se tornado possível construir muitas desse gênero. Wiener (1970) ao falar desse tipo de máquina, exemplifica com máquinas que aprendem a traduzir uma língua e, para ensiná-las, é preciso saber o que constitui um bom jogo.

No caso de uma língua, o ideal é ser compreendida pelos seres humanos: não se pode separar o bom funcionamento de uma máquina dos valores humanos. Teoricamente, poderíamos ter toda uma teoria da linguagem: na prática, ela não existe. É preciso submetemos a ação da máquina à observação de peritos para saber se a tradução esta compreensível ou não (WIENER, 1970, p. 72).

A segunda questão diz respeito às máquinas que têm a capacidade de autoreprodução. A máquina também pode ser um organismo comunicativo, capaz de transformar mensagens recebidas em mensagens emitidas. A mensagem, por sua vez, é uma sequência de quantidades que representam sinais da mensagem. Tais quantidades podem ser correntes ou potenciais elétricos, embora não se limitem a isso. Os sinais podem distribuir-se continuamente ou de modo discreto, ao longo do tempo. Assim, a máquina pode gerar a mensagem e a mensagem pode gerar outra máquina. Escolhido o padrão operacional da máquina a ser reproduzida, a sequência de operações pode ser controlada por uma máquina computadora de alta velocidade. As máquinas informam uma às outras e informam a si mesmas. Para que essas ideias não sejam representações fantasiosas, Wiener (1964) dedica um capítulo de seu livro, “*God and Golem INC.*”, para expressar essas ideias em linguagem matemática.

Debatendo o assunto da automultiplicação de sistemas, com filósofos e bioquímicos, Wiener comenta que ouviu, com frequência, que:

[...] os dois processos são totalmente distintos! Qualquer analogia entre seres vivos e inanimados deve ser simplesmente superficial. Certamente os detalhes dos processos de reprodução biológica são conhecidos, e nada têm a ver com o processo que você

¹⁵⁶ “It did win”, writes the author, “and it did learn to win; and the method of its learning was no different in principle from that of the human being who learns to play checkers”.

descreve para a multiplicação de máquinas (WIENER, 1964, p. 45, tradução nossa)¹⁵⁷.

É claro que o processo de reprodução da matéria viva é diferente, nos seus pormenores, do processo de reprodução das máquinas, mas, “não há procedência em afirmar, categoricamente, que os processos de reprodução em seres vivos e em máquinas nada têm em comum” (WIENER, 1964, p. 47, tradução nossa)¹⁵⁸. Wiener não era nem um pouco conservador, e proclamou que, o estudo de um desses sistemas pode lançar luz sobre o estudo do outro, fazendo afirmações que tendem a salientar a existência de analogias na compreensão desses sistemas. Segundo sua ponderação:

Entretanto, se é perigoso proclamar uma analogia sobre evidência insuficiente, é igualmente perigoso rejeitar uma analogia sem dispor de prova de sua inconsequência. Honestidade intelectual não é a mesma coisa que se recusar assumir riscos de ordem intelectual, e não há nenhum mérito ético particular na recusa de considerar aquilo que é novo e emocionalmente perturbador (WIENER, 1964, p. 47, tradução nossa)¹⁵⁹.

O terceiro ponto trata da relação entre o homem e a máquina e, para Wiener (1964), essa relação representava um dos grandes problemas futuros da humanidade. Os ciberneticistas, destaque para Wiener, deram um passo importante ao fazer considerações sobre tais relações e refletir sobre as funções a serem, adequadamente, atribuídas a cada um desses dois agentes e suas múltiplas consequências.

Por meio do pensamento criativo de Wiener (1970), o que começou com um método aplicado à computação militar, foi transformado, por ele, na nova visão da era biomáquina, na qual a máquina não deve ser considerada como um objetivo em si, mas, sim, como um meio de satisfazer as necessidades do homem, parte de um sistema humano-mecânico. Assim, as possibilidades dessa relação são inúmeras, abrangendo desde máquinas de previsão, triagem, máquinas que ele denominou de sensíveis, que são as próteses, máquinas de traduzir, máquinas de aprendizado, máquinas de jogo e máquinas de diagnóstico médico.

¹⁵⁷ “But the two processes are entirely different! Any analogy between life and the nonliving must be purely superficial. Certainly the detail of the process of biological multiplication is understood, and has nothing to do with the process which you invoke for the multiplication of machines”.

¹⁵⁸ It will not do to state categorically that the process of reproduction in the machine and in the living being have nothing in common.

¹⁵⁹ However, if it is dangerous to assert an analogy on insufficient evidence, it is equally dangerous to reject one without proof of its inconsequentialness. Intellectual honesty is not the same thing as the refusal to assume an intellectual risk, and the refusal even to consider the new and emotionally disturbing has no particular ethical merit.

Uma das maiores fantasias do homem é construir uma máquina capaz de pensar e agir como ele. Nessa fantasia, o homem pode ser substituído por uma máquina, mesmo para funções que exigem sua inteligência. A surpreendente vitória conseguida por um computador, no jogo de damas, contra seu próprio criador, fez com que Norbert Wiener acreditasse que o poder de uma máquina pensante, um robô¹⁶⁰, inauguraria uma nova era. Essas expectativas foram, claramente, impulsionadas por um otimismo tecnológico e acarretaram um excitamento nas analogias tecnológicas versus biológicas. Wiener usou, intensamente, as analogias entre o comportamento do novo computador digital e os sistemas humanos: nervoso e mente. É característico da cibernética que métodos matemáticos envolvam campos científicos que, até então, não pareciam praticáveis, como, por exemplo, fisiologia, psicologia e sociologia.

Como matemático Wiener foi um criador, porém, foi quando começou a trabalhar com analogias mecânicas entre organismos, ou sistema nervoso de organismos, com autômatos formal ou mecânico e simulacros, que se assemelhou ao construtor de um Golem¹⁶¹. Para Wiener, a máquina “é o equivalente moderno do Golem do rabino de Praga. O inventor moderno e sua equipe de engenheiros desempenham o papel do rabino, ou a do criador de Adão. Eles estão construindo máquinas a sua própria imagem” (HEINS, 1980, p. 375, tradução nossa)¹⁶².

Com relação à sociologia, Wiener examina questões éticas e sociais provocadas pelo impacto das tecnologias da informação e comunicação, referentes ao período que denominou de “idade automática”. Ele examina, atentamente, os caminhos que essas tecnologias poderiam afetar, positivamente e negativamente, os valores fundamentais humanos, tais como: a vida, a saúde, o trabalho, o conhecimento, as habilidades e a criatividade. Para ele, a cibernética estabelece profundas implicações relevantes para o cientista social, pois o modo cibernético de analisar os elementos da sociedade traça padrões de comunicação e controle, os elementos de autorregulação e desestabilização, a liberdade de realização das possibilidades humanas e a inter-relação entre diferentes propósitos. Essa teoria concebe homens e sociedades como sistemas complexos, autorreguladores, interagindo entre si por meios complexos.

¹⁶⁰ Robô é uma máquina capaz de extrair informações do ambiente e usar o conhecimento sobre o mundo de modo a se mover com segurança e com um propósito, conexão inteligente da percepção à ação.

¹⁶¹ No folclore judaico, o Golem é um ser animado construído de material inanimado, muitas vezes, visto como um gigante de pedra. No hebraico moderno, a palavra Golem significa tolo ou estúpido. O nome é uma derivação da palavra *gelem* que significa matéria prima.

¹⁶² [...] *is the modern counterpart of the Golem of the Rabbi of Prague. The modern inventor and his team of engineers play the role of the rabbi, or that of the creator of Adam. They are building machines in their own image.*

Nesse sistema, destaca-se a importância do papel da informação.

Informação é o termo que designa o conteúdo daquilo que permutamos com o mundo exterior ao ajustar-nos a ele, e que faz com que nosso ajustamento seja nele percebido. O processo de receber e utilizar informação é o processo de nosso ajuste às contingências do meio ambiente e de nosso efetivo viver nesse meio ambiente. [...] Dessarte, comunicação e controle fazem parte da essência da vida interior do homem, mesmo que pertençam à sua vida em sociedade (WIENER, 1954, p. 17-17).

Hoje, tornou-se possível, com ajuda dos meios modernos da matemática, da cibernética, da teoria da informação, analisar a sociedade como um sistema organizado, de certo modo, dinâmico e que evolui. Para Zeman (1970), é possível estabelecer exatamente quais são as necessidades da sociedade e as possibilidades de satisfazê-la, além de, verificar a capacidade e a tendência da evolução da prática social e do conhecimento social a partir desses meios modernos.

A fundamentação filosófica de Wiener é marcada por sua crença na inevitabilidade do progresso humano, a qual o levou a refletir sobre os aspectos morais, éticos, conceitos de justiça e sobre fenômenos sociais baseados na comunicação. Em seu livro, “O Uso Humano de Seres Humanos”, ele revela linques inadequados de comunicação que manipulam o controle da comunicação, lançando mão de mecanismos, para influenciar determinadas classes sociais. As tecnologias cibernéticas, ênfase para as tecnologias de comunicação, devem ser abordadas de diferentes pontos de vista, dadas sua abrangência e magnitude na cultura e nas condições humanas.

Outro ponto é o controle de conflitos na sociedade civil, dos quais a grande maioria é resolvida por meio de litígio judicial. Wiener (1954) descreve esse meio como um verdadeiro jogo em que os litigantes tentam, por métodos que são limitados pelo código legal, aliciar o juiz e o júri para seus parceiros. Num jogo em que o advogado da parte contrária tenta, deliberadamente, introduzir confusão nas mensagens da parte à qual está se opondo. Desse modo, “os problemas da lei podem ser considerados problemas de comunicação e cibernética – vale dizer, problemas de controle sistemático e reiterável de certas situações críticas” (WIENER, 1954, p. 109). Os conceitos de justiça que os homens têm mantido ao longo da história são tão variados quanto as religiões do mundo ou as culturas reconhecidas pelos antropólogos. Wiener (1954) acha impossível justificar esses conceitos por meio de qualquer forma que não seja o código moral. Em sua cultura as melhores palavras para expressá-los são as da Revolução Francesa: *Liberté, Egalité, Fraternité*, e ele as expressa usando suas próprias concepções filosóficas:

[...] a liberdade de cada ser humano desenvolver livremente, em plenitude, as possibilidades humanas que traga em si; a igualdade pela qual o que é justo para A e B continua a ser justo quando as posições de A e B se invertem; e uma boa vontade, entre homem e homem, que não conheça outros limites além dos da própria Humanidade (WIENER, 1954, p. 105).

Suas concepções filosóficas, éticas e morais, seu interesse pelas ciências e suas produções científicas, em parte, são frutos da educação recebida quando criança.

Minha disciplina tem sido uma autodisciplina, à imagem da disciplina imposta a mim quando criança por meu pai. A disciplina do estudioso é uma consagração à busca da verdade. Trata-se de uma vontade de submeter-se a tais sacrifícios reais que são exigidos por esta consagração, sejam eles sacrifícios financeiros ou sacrifícios de prestígio, ou mesmo no caso extremo, de segurança pessoal. No entanto, a parte principal desta disciplina é intrínseca e pertence à própria relação com a ciência em si, em vez de uma reação ao ambiente externo no qual a ciência é realizada (WIENER, 1966, p. 358, tradução nossa)¹⁶³.

Para Wiener, a ciência é um instrumento de poder espiritual e, em particular a matemática, a busca de sua compreensão, afetou certos aspectos de seu comportamento. Apesar de seu pensamento matemático criativo, originário de impulsos espontâneos, muitas vezes se fundia com suas próprias emoções e delírios. Ele descreve uma dessas ocasiões em que:

[...] meu delírio tomou a forma de uma peculiar mistura de depressão e preocupação relativa a meu desacordo com matemáticos de Harvard e, uma ansiedade sobre o *status* lógico do meu trabalho matemático. Era impossível, para mim, distinguir entre minha dor e a dificuldade em respirar, o bater da cortina da janela, e certas partes até agora não resolvidas do problema potencial que eu estava trabalhando. Não posso dizer, apenas, que a dor se revelou como uma tensão matemática, ou que a tensão matemática tenha sido simbolizada como dor: os dois estavam muito próximos para fazer uma separação significativa. No entanto, quando refleti sobre esse assunto mais tarde, eu me dei conta da possibilidade de que qualquer experiência pode agir como um símbolo temporário para uma situação matemática que ainda não tenha sido organizada e esclarecida. Também, pude compreender com maior nitidez que um dos principais motivos que me levaram à matemática foi o desconforto, ou mesmo a dor provocada por um contencioso matemático não resolvido. Eu tornei-me mais e mais consciente da necessidade de reduzir tal

¹⁶³ *My discipline has been a self-discipline, in the image of the discipline imposed upon me as a child by my father. The discipline of the scholar is a consecration to the pursuit of the truth. It involves a willingness to undergo such real sacrifices as are demanded by this consecration, whether they are sacrifices of money or sacrifices of prestige, or even in the extreme case, of personal safety. However, the main part of this discipline is intrinsic and belongs to one's relation to science itself rather than to one's reaction to the external environment within which science is carried on.*

contencioso a termos conhecíveis e semipermanentes antes de poder largá-lo e ir adiante em outra coisa (WIENER, 1966, p. 85-86, tradução nossa)¹⁶⁴.

Assim, para Wiener, ciência, além de um modo de vida é “descrição de processo no tempo” (HEINS, 1980, p. 151, tradução nossa)¹⁶⁵, pois, toda vez que se altera a compreensão científica de mundo, em decorrência de uma importante inovação científica, é necessário, novamente, enfrentar a questão da natureza da humanidade e do seu bem-estar. Sua preocupação é decorrente de que as possibilidades humanas têm sido amplamente aumentadas pelas tecnologias baseadas na Cibernética. Também abordou assuntos complexos, tais como política nacional e global. Alguns anos após a publicação de seu livro “Cibernética e Sociedade: o uso humano de seres humanos”, ele comentou:

Desde a publicação da primeira edição deste livro, participei de duas grandes reuniões com representantes do mundo empresarial e fiquei encantado com a consciência que muitos dos representantes demonstraram dos perigos sociais de nossa nova tecnologia e das obrigações sociais dos responsáveis pela direção de cuidar de que as novas modalidades sejam usadas para benefício do Homem, para incremento de seu lazer e enriquecimento de sua vida espiritual, em vez de o ser apenas por amor do lucro e pela adoração da máquina como um novo bezerro de ouro. Existem, ainda, muitos perigos pela frente, mas os alicerces de boa vontade aí estão, e eu não me sinto totalmente pessimista como à época da publicação da primeira edição deste livro (WIENER, 1954, p. 159-160).

A intervenção do homem nos processos sociais é orientada pela inteligência humana. Assim, as produções dessa inteligência podem ser empregadas para destruir a humanidade se não forem utilizadas inteligentemente. “Há, contudo, sinais esperançosos no horizonte” (WIENER, 1954, p. 159). O fundamento filosófico de Wiener no campo da ética da informação é profundo, e continua sendo um recurso valioso para a investigação e para a ação prática.

O contexto em que se desenvolve a história da Cibernética também suscita vários desdobramentos, como já se mencionou acerca, por exemplo da inteligência artificial e várias

¹⁶⁴ [...] my delirium assumed the form of a peculiar mixture of depression and worry concerning my row with the Harvard mathematicians and of an anxiety about the logical status of my mathematical work. It was possible for me to distinguish among my pain and difficulty in breathing, the flapping of the window curtain, and certain as yet unresolved parts of the potential problem on which I was working. I cannot say merely that the pain revealed itself as a mathematical tension, or that the mathematical tension symbolized itself as a pain: for the two were united too closely to make such a separation significant. However, when I reflected on this matter later, I became aware of the possibility that almost any experience may act as a temporary symbol for a mathematical situation which has not yet been organized and cleared up. I also came to see more definitely than I had before that one of the chief motives driving me to mathematics was the discomfort or even the pain of an unresolved mathematical discord. I became more and more conscious of the need to reduce such a discord to semipermanent and recognizable terms before I could release it and pass on to something else.

¹⁶⁵ description of process in time

ciências cognitivas. Nesse sentido, a ficção científica encontra grande consonância e pode vir a ter um papel importante como instrumentos no auxílio do ensino de várias áreas, dentre elas a matemática e a física. Desse modo, torna-se importante então, a partir de agora, pontuar algumas considerações importantes sobre a ficção científica e suas interfaces com a Cibernética.

4. FICÇÃO CIENTÍFICA

É comum as pessoas associarem os termos cibernética e ciborgue à ficção científica, atribuindo à primeira - ares de ficção. Para o censo comum, a cibernética e a ficção científica apresentam uma relação íntima de entendimento, ou seja, a cibernética é um ponto de referência para a ficção. Entretanto, apesar das conceituações apresentarem diferenças, os termos são comumente confundidos devido a sua forte inter-relação.

Não existe uma definição unânime para ficção científica. A maioria dos dicionários reconhece a ficção científica como uma criação de caráter artístico, baseada na imaginação, dos progressos científicos e tecnológicos. Alguns, grandes nomes da literatura desse gênero, a definem como:

Asimov (1984), por exemplo, a insere em um gênero mais geral — a ficção surrealista — que retrataria “fatos que se verificam em ambientes sociais não existentes na atualidade e que jamais existiram em épocas anteriores”. Na FC, em particular, tais fatos “podem ser conceivelmente derivados do nosso próprio meio social, mediante adequadas mudanças ao nível da ciência e da tecnologia” (p. 16). Para Allen (1976), a FC distingue-se “de outros tipos de ficção pela presença de uma extrapolação dos efeitos humanos de uma ciência extrapolada” (p. 235). Entendemos a ciência extrapolada de Allen como uma categoria que engloba qualquer forma de utilização de ideias científicas para a produção do conteúdo veiculado no texto, ou seja, ela não é o conteúdo em si, mas uma diretriz para sua construção. Umberto Eco (1989) se aproxima de Asimov ao propor que, na FC, “a especulação contrafactual de um mundo estruturalmente possível é conduzida extrapolando, de algumas linhas de tendência do mundo real, a possibilidade mesma do mundo futurível”, e também de Allen ao enfatizar o aspecto de antecipação da FC que, segundo ele, “assume a forma de uma conjectura formulada a partir de linhas de tendência reais do mundo real” (p. 169, grifos do autor). A antecipação, fundada na racionalidade científica, serve assim a uma especulação a respeito do mundo real. Para o autor, [...] a boa ficção científica é cientificamente interessante não porque fala de prodígios tecnológicos [...], mas porque se apresenta como um jogo narrativo sobre a própria essência de toda a ciência, isto é, sobre a sua conjecturabilidade (p. 170) (PIASSI; PIETROCOLA, 2009, p. 527-528).

O desenvolvimento científico e tecnológico cria um universo de possibilidades, cada vez maior, sobre o qual é possível extrair matéria de ficção e esta, por sua vez, explora o impacto que essas tecnologias podem exercer sobre as sociedades e os indivíduos.

Asimov (1920-1992), um dos principais autores desse gênero, não tem medo de ter uma ideia e persegui-la até torná-la interessante, e declara que a ficção científica é “literatura somente de ideias relevantes” (BRANTLINGER, 1980, p. 38, tradução nossa)¹⁶⁶. Cabe, aqui, ressaltar, sua habilidade em explicar, com um pouco de aritmética ou álgebra, suas ideias ficcionais.

¹⁶⁶ “the only literature of relevant ideas”.

A dependência excessiva dos humanos pelas máquinas tornou-se um marco da ficção científica na mídia impressa, novelas e no cinema. Na década de 30, a cultura popular apropriou-se do termo robô para identificar as máquinas pensantes que substituem os humanos em todas as suas atividades. O computador, fictício na época, tornou-se cérebro desses seres, comumente tidos como homens mecânicos feitos de metal. Os computadores e os robôs são figurantes antigos do nosso imaginário e de Isaac Asimov, que escreveu inúmeros contos sobre eles, destaque para “I, Robot” publicado em 1950, nos quais apresentou as lendárias leis¹⁶⁷ da robótica.

A ficção científica começa a ganhar espaço e a tornar-se uma categoria significativa no final do século XIX, com as obras de Júlio Verne (1828-1905) e Herbert George Wells (1866-1946). “Enquanto Verne produzia histórias para maravilhar os leitores com as possibilidades de um futuro excitante, Wells empregava a fantasia científica para a crítica social” (PIASSI; PIETROCOLA, 2009, p. 527).

Júlio Verne escreveu histórias de viagens fantásticas, tais como “Viagem ao Centro da Terra”, publicada em 1863. A alta tecnologia esteve presente em suas obras, representada pelo submarino Nautilus em “20.000 Léguas submarinas”, ou a cápsula tripulada, descrita em sua obra “Da terra à Lua”, escrita em 1865. A cápsula, arremessada por um canhão com destino à lua, antecipava os foguetes e as viagens espaciais. Talvez, essa seja a obra mais visionária de Júlio Verne, escrita cem anos antes de o homem chegar à lua.

Wells também escreveu histórias sobre a exploração lunar, “Os Primeiros Homens na Lua”, de 1901. Nesse romance, um cientista inventa um metal que resiste à gravidade e, com ele, é possível construir uma esfera no interior da qual as pessoas podem flutuar sobre a terra e viajar rumo à lua. Suas obras, *A Máquina do Tempo* (1895), *A Ilha do Doutor Moreau* (1896), *O Homem Invisível* (1897), *A Guerra dos Mundos* (1898), exerceram grande influência nas obras subsequentes desse gênero.

Na década de 30, surgem filmes memoráveis e, muitos deles, baseados nas obras já citadas. Após esse período aparece um novo astro nas histórias de ficção, o computador. Wells, previu, dentre outras coisas, os bombardeios aéreos, os tanques de guerra, porém, não o computador, mas:

¹⁶⁷ 1ª Lei: Um robô não pode ferir um ser humano ou, por inação, permitir que um ser humano sofra algum mal. 2ª Lei: Um robô deve obedecer às ordens que lhe sejam dadas por seres humanos, exceto nos casos em que tais ordens entrem em conflito com a Primeira Lei. 3ª Lei: Um robô deve proteger sua própria existência, desde que tal proteção não entre em conflito com a Primeira ou Segunda Leis.

Dos anos 40 para cá, a maioria dos escritores conseguiu prever corretamente o impacto cada vez maior dos computadores sobre a nossa vida. No clássico *"The Moon is a Harsh Mistress"* (A Lua é uma Amante Ríspida), do ótimo Robert Heinlein, escrito na década dos 60, os colonizadores lunares, em rebelião contra o governo da Terra, são aconselhados por um computador super-inteligente e falante, exatamente como em *"2001: Uma Odisseia no Espaço"*, de Arthur C. Clarke. (SABBATINI, 1996, não paginado)

Os computadores nas histórias de ficção assumem tal complexidade e sofisticação que se tornam iguais aos humanos, inclusive no que tange às emoções e sentimentos. O matemático Alan Turing elaborou um teste, que introduziu em seu artigo de 1950, *"Computing Machinery and Intelligence"*, que se inicia com a pergunta: é possível ter computadores inteligentes? Para responder essa pergunta, imaginou duas salas fechadas. Uma delas continha um computador e a outra uma pessoa. Não se pode entrar nas salas, mas é possível comunicar-se com quem está lá dentro, digitando perguntas e recebendo as respostas via terminal. Quantas perguntas seriam necessárias fazer para que alguém fosse capaz de dizer em qual sala estava a máquina e em qual sala estava o humano? Se, no final do teste, o interrogador não conseguir distinguir quem é o humano, então conclui-se que o computador pode pensar. Turing concluiu seu texto afirmando que: "podemos esperar que as máquinas acabarão por competir com os homens em todos os campos puramente intelectuais" (TURING, 1950, não paginado, tradução nossa)¹⁶⁸.

O desenvolvimento da tecnologia computacional levou vários mitos de ficção científica a uma variedade de relações inimagináveis entre o humano e a máquina. Na atualidade, a ficção científica abrange um vasto espectro de obras, das quais é possível citar algumas, mais antigas,

(...) dos desenhos animados do capitão Video, Buck Rogers e Flash Gordon, para as visões apocalípticas vislumbradas por Arthur C. Clarke em 2001: Uma Odisseia no Espaço, a novela feita a partir do filme com o mesmo título que Clarke havia escrito em colaboração com Stanley Kubrick e C. S. Lewis, em sua trilogia Perelandra, um clássico da ficção científica (SUTTON, 1969, p. 231, tradução nossa)¹⁶⁹.

(...) Frankenstein (Mary W. Shelley 1818), Alice no País das Maravilhas (Lewis Carroll 1865), Flatland. Uma Aventura em Muitas Dimensões (Edwin Abbot 1884), Drácula (Bram Stoker 1897), A Ilha (Aldous Huxley 1962), A Descronização de Sam Magruder (George Graylord Simpson 1997), além de várias histórias de Julio Verne (1828-1905) e best-sellers atuais sobre ficção histórica. (D'AMBROSIO, 2011, p. 45)

¹⁶⁸ We may hope that machines will eventually compete with men in all purely intellectual fields.

¹⁶⁹ (...) from the cartoons of Captain Video, Buck Rogers, and Flash Gordon, to the apocalyptic visions glimpsed by Arthur C. Clarke in 2001: A Space Odyssey, the full-length novel elaborated from the film of the same title which Clarke had previously written in collaboration with Stanley Kubrick, and by C. S. Lewis in his Perelandra trilogy, a classic of science fiction.

e do presente, como Avatar, uma das ultimas produções cinematográficas de James Cameron. Avatar é uma história de ficção que se passa no ano de 2154 e uma das mensagens do filme enfatiza que, caso o ser humano não restabeleça sua ligação com a natureza, passando a respeitá-la, o futuro será caótico.

As obras de ficção científica provocam questionamentos sobre vários aspectos da existência humana, tais como filosofia moral, política e social, envolvendo questões como, por exemplo: qual o papel da sociedade; do ser humano; a evolução, qual a natureza do bem e do mal e de outras relevantes. Realidade virtual, computadores e outros temas afins estão presentes na literatura de ficção científica contemporânea.

Nas últimas décadas, as obras de ficção têm sido apontadas como um recurso didático possível para o ensino de várias disciplinas tais como: matemática, física, ciências, entre outras. É uma forma de narrativa que veicula ideias ficcionais de temas científicos, podendo provocar debates sobre os mesmos, potencializando, assim, a construção do conhecimento. “O conhecimento científico é “amaciado” na narrativa ficcional” (D’AMBROSIO, 2011, p. 45. Grifo do autor), pois, a ficção científica não esta sujeita aos compromissos da ciência, às provas de validação e verificação.

Esse tipo de narrativa, como proposta metodológica, encontra apoio em D’Ambrosio, que completa:

Uma forma especial de narrativa a ser considerada é a ficção. Podemos olhar a ficção como narrativas difundidas para as pessoas comuns através da mídia (oral, escrita e agora digital) e ancorada na mitologia, nos contos folclóricos, e até mesmo em conhecimento científico ou, até mesmo, pseudocientífico. Além disso, a ficção se fundamenta em grande parte nos avanços e pensamentos científicos, base da pseudociência (D’AMBROSIO, 2011, p. 45).

A ficção científica é um gênero dinâmico e em constante processo de mutação, despertando em nós curiosidade e, em decorrência dessas características, oferece muitas possibilidades em sala de aula. Esse sucesso, em grande parte, se deve à multiplicidade de sentidos que a imaginação desperta, sobrepondo esta ao conhecimento. Para Einstein (1950), a imaginação é mais importante que o conhecimento, pois, o conhecimento é limitado e a imaginação envolve o mundo.

O ser humano é dotado de uma imaginação ímpar e age independentemente da nossa vontade. É possível que essa capacidade tenha evoluído, e se tornado mais complexa com a

evolução da espécie humana. Muito do material imaginado é ficcional, levando o humano, por exemplo, a imaginar novos mundos e a criança super-heróis. Essas fantasias criadas por nós, ou interpretadas por meio de leituras desse gênero, são provocantes e constroem mundos fantásticos. Nesse sentido a irrealidade, que é característica da ficção, compõe a realidade sociocultural e, muitas vezes, transita do real para o irreal e vice e versa.

Sobre esse assunto questiona Umberto Eco, “mas, se a atividade narrativa está tão intimamente ligada a nossa vida cotidiana, será que não interpretamos a vida como ficção e, ao interpretar a realidade, não lhe acrescentamos elementos ficcionais?” (ECO, 1994, p.137).

O delírio cibernético de Wiener muitas vezes o levou a adentrar no âmbito da ficção científica. Ao longo de sua vida Wiener escreveu vários contos de ficção científica como “*The miracle of the broom closet*” e, para muitos, a Cibernética surge de ideias ficcionais. A ficção científica e a ciência, muitas vezes, nas obras de Wiener, parecem se imbricar sem sabermos se uma ideia ficcional o levou à produção científica ou vice-versa. Não é de se estranhar que a preferência literária de Wiener, desde a infância, foram os livros de Lewis Carroll, Júlio Verne e H. G. Wells. Para Wiener as ciências podem ser apreciadas como as artes e isso o levou a escrever uma carta à Alfred Hitchcock na qual:

Sou um grande admirador de sua técnica de filmes de suspense e horror, e aprecio a quantidade de pensamento e construção cuidadosos que fazem parte de seu trabalho. Como muitas pessoas de seu público eu tenho de tempos em tempos acreditado que tenho passado por situações, as quais poderiam ser empregadas por você. Sei o quanto deve estar aborrecido por trapaceiros que se aproximam de você, com a intenção de tomar seu tempo com um plágio adaptado para correspondentes idôneos porem não inteligentes, que não percebem o risco que você corre ao responder correspondência de fãs, e o tempo que isto lhe toma. Deixe-me dizer-lhe apenas quem sou eu, de modo a estabelecer a presunção de minha boa fé, e que você possa saber que estou numa posição, na qual eu deveria ser completamente destruído por qualquer violação da boa fé. Meu nome é Norbert Wiener e eu sou Professor de Matemática no Instituto de Tecnologia de Massachusetts. Recentemente publiquei dois livros. *Cybernetics (Cibernética)* foi publicado por *John Wiley and Sons* e está relacionado com comunicação e controle na máquina e no animal. *The Human Use of Human beings (A Utilização Humana dos seres Humanos)* foi publicado por *Houghton-Mifflin*. Você encontrará meus dados pessoais em *Who's Who (Quem é Quem)* ou em *American Men of Science (Homens Americanos de Ciência)*. Agora aos negócios. Estive recentemente no México trabalhando num laboratório científico, onde eu me deparei com uma combinação de personagens e mesmo com situações possíveis em que poderiam ser emprestadas, de maneira ideal, a um filme de suspense e horror, do tipo no qual você é um especialista. Junto com minha filha, Srta. Peggy Wiener, e um médico americano, Dr. Morris E. Chafetz, nós escrevemos uma sinopse do filme proposto. Porque não temos experiência em técnica de cinema, nós não tentamos ir além e escrevê-lo dentro de um cenário. Esta sinopse foi registrada em *The Authors' Guild (Associação dos Autores)* em New York, e nós ficaríamos encantados de entregá-la a você para exame, se e quando for possível. Posso compreender a dificuldade que um homem na sua posição se encontra, face a um material não solicitado, e estarei perfeitamente pronto a aceitar uma carta sua, indicando que não deseja receber o documento. Eu ficaria sentido com isto, tanto do meu ponto de vista quanto do seu, como estou sinceramente convencido que temos

em nossas mãos uma situação original e engraçada. Se, então achar adequado submeter nosso documento ou diretamente a si mesmo ou a alguém que possa reportar-se a você, eu ficarei encantado. Por favor deixe-me saber sobre sua decisão na mais breve oportunidade (MASANI, 1990, p. 339, tradução nossa)¹⁷⁰.

Motivada pelas ideias ficcionais de Wiener é que se desenvolve, para esta tese, um capítulo sobre ficção científica. Compõe também essa tese, apresentado nos apêndices, como já descrito na introdução, um conto sobre ficção e, no qual, é possível identificar os conceitos-chaves da cibernética tais como: controle, *feedback* e interação entre o homem e a máquina. É possível traduzir o empírico e o imaginário em contos de ficção, e essa é a proposta em “Bioboy: o ciborgue que calculava”.

¹⁷⁰ *I am very much an admirer of your technique of the suspense and horror movie, and I appreciate the amount of careful thought and construction which have gone into your work. Like many of your audience I have from time to time believed that I have come across situations which could be employed by you. I know how much you must be annoyed by chiselers who approach you with the intention of tying you up in a plagiarism suit as well as by legitimate but stupid correspondents who do not realize the risk you run in answering fan mail and the time it takes you. Let me tell you just who I am in order to establish a presumption of my good faith and that you may know that I stand in a position in which I should be absolutely destroyed by any breach of good faith. My name is Norbert Wiener and I am Professor of Mathematics at the Massachusetts Institute of Technology. I have recently published two books. Cybernetics was published by John Wiley and Sons and is concerned with communication and control in the machine and in the animal. The Human Use of Human beings was published by Houghton-Mifflin. You will find my personal record in Who's Who or in American Men of Science. Now to business. I have recently been in Mexico working in a scientific laboratory where I have run into a combination of characters and even of possible situations lending themselves ideally to a suspense and horror movie of the type in which you are expert. Together with my daughter, Miss Peggy Wiener, and an American doctor, Dr. Morris E. Chafetz, we have written a synopsis of the proposed movie. Because we are without experience in screen technique, we have not attempted to go further and write it up as a scenario. This synopsis has been registered with The Authors' Guild in New York, and we should be delighted to pass it on to you for examination if and when it should be possible. I can understand the difficulty a man in your position finds with unsolicited material, and I shall be perfectly ready to accept a letter from you indicating that you do not wish to receive the document. I should regret this, both from my own point of view and from yours as I am sincerely convinced that we have laid our hands on an original and amusing situation. If, then, you see any way clear to submitting our document either directly to yourself or to some person who can report to yourself, I shall be most delighted. Please let me know of your decision at the earliest opportunity.*

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O surgimento da cibernética, na América, na década de 1940, configurou-se como uma síntese entre diversas áreas da ciência, decorrente do encontro de ideias dos matemáticos Norbert Wiener e von Neumann, dos físicos e técnicos Vannevar Bush e Bigelow, e dos fisiologistas Walter Cannon e Mac Culloch. Já para outros constituía-se como a renovação do cartesianismo. O que, definitivamente, indica a falta de consenso sobre o conceito de cibernética, como se pôde verificar ao longo deste trabalho.

Wiener, considerado o pai da teoria cibernética e autor do termo, fez desta um objeto de reflexão que vai além do cálculo e das técnicas, ultrapassando, desse modo, o campo da lógica e da percepção e, como já dizia Frank (1970) penetrou no intelecto do homem, em sua esfera mais íntima.

Ao cunhar o termo cibernética, Wiener pretendeu abarcar todo o campo da teoria do comando, controle e transmissão de informações, quer seja em máquinas ou em seres vivos. Fica claro, por meio da análise histórico-documental que, para Wiener o foco da cibernética não estaria restrito a eletrotécnica, mas sim à informação, seja ela transmitida por meios elétricos, mecânicos ou nervosos.

Alguns cientistas a tomam como um sistema cujas bases têm fundamentos abstratos e outros de lógica-matemáticas, como foi possível verificar nas diversas concepções apresentadas nesta tese. No entanto, Frank (1970) é o que melhor resume o pensamento de Wiener quando diz que a teoria cibernética, inicialmente, pode ser compreendida como teoria geral matemática dos processos e sistemas de transformação da informação, mas que, na sequência, ocorre a concretização desta em sistemas e processamento da informação, que podem ser fisiológicos, físicos ou psicológicos. E sintetiza dizendo que Cibernética é o sistema de processamento das informações.

Gotthard Günter (1957 apud FRANK, 1970) relaciona a cibernética com um saber originário do espírito, concebendo-a como uma tentativa de transposição do abismo entre o eu e o outro por meio da informação transferida pelo processo comunicacional.

Essa breve síntese das várias concepções da cibernética tem como objetivo contextualizar que a chamada “onda cibernética” transitou pelas mais variadas áreas do conhecimento, como a genética, a biologia molecular, as engenharias, a física e a fisiologia. Juntas, a cibernética e a teoria da informação lançaram as bases para dois novos campos que impactaram profundamente as ciências e a tecnologia como, por exemplo, a ciência cognitiva e a inteligência artificial.

Pode-se considerar, diante de todo o contexto do desenvolvimento da cibernética, que a sua característica fundamental é a interdisciplinaridade. Tal afirmação encontra aporte em várias declarações e reflexões de Wiener, apresentadas ao longo deste trabalho. Reflete-se ainda que essa característica tem como base a formação multidisciplinar de Wiener e sua predisposição para o diálogo e interesses em diversas áreas do conhecimento.

Tal reflexão encontra consonância na história de vida de Wiener e nos seus diversos problemas de saúde que o levaram a transitar pelas mais variadas áreas. A questão da sua miopia acentuada e os problemas motores são dois exemplos que podem ilustrar as influências nas trajetórias traçadas pelo pesquisador.

Fica claro que sua debilidade física, desde a infância, o conduz, ainda muito jovem, ao interesse por compreender a anatomia do corpo humano e, um pouco mais tarde, o funcionamento do mesmo, incluindo a mente humana. Tal análise já continha as ideias que, posteriormente, dariam as bases para a cibernética e para sua teoria da comunicação e que podem ser comparadas ao sistema computacional.

Os seus estudos na área da zoologia também refletem as influências obtidas, ao longo de sua história, para a concepção da cibernética. Tais conhecimentos ajudaram na compreensão sobre o funcionamento neurofisiológico do comportamento humano e animal, objetos do estudo cibernético de Wiener. Este estudo permitiu que o pesquisador pudesse inferir, de modos distintos, sobre o processo de aprendizagem e de funcionamento desses complexos sistemas e sobre como esses sistemas podem ser mecanizados.

Outra característica-chave dos estudos propostos por Wiener é a questão relativa ao controle. Nesse sentido, pode-se afirmar que a própria cibernética surge de uma explicação formal da natureza do controle enquanto operação em sistemas complexos. Tal estudo teve como protótipos máquinas de predição desenvolvidas por Wiener, durante a Segunda Guerra Mundial.

É perfeitamente compreensível que, durante um período de guerra, o controle seja uma preocupação latente, o que direciona com que as pesquisas possam buscar a máxima eficiência em termos de monitoramento. Reflete-se ainda que o interesse de Wiener sobre a temática – controle – não se restrinja a necessidade imposta pelo período bélico, mas, também, à sua própria história de vida que o conduziu a ter que superar inúmeras debilidades físicas e que, por consequência, pode ter na temática sobre o controle uma forma de encontrar “protocolos” para supervisionar suas próprias dificuldades.

O enfoque da característica cibernética de autorregulação ocorre num processo que vai do feedback para a homeostase, ou seja, do retorno ao equilíbrio. Essa é uma das

características básicas do processo de comunicação de Wiener e que é determinante para a cibernética. Nessa direção, enfatiza-se, mais uma vez, que a probabilidade estatística é orientada para a teoria da informação que, por sua vez, é direcionada para sistemas cibernéticos que têm a extrema complexidade como forte característica.

Esta pesquisa procurou clarificar a orientação da cibernética, por meio do seu desenvolvimento dialético, pelas vias da história de seu idealizador Norbert Wiener, assim como apontar os desmembramentos promovidos por ela. Porém, é evidente que é nos problemas de aplicação que reside o maior desafio das realizações de Wiener.

Ao fazer uma reconstituição histórica sobre a criação e a evolução da cibernética, contada, por meio documental e bibliográfico, da história do seu idealizador – Wiener – proposta como objetivo geral desta tese, foi possível compreender ainda a lógica matemática, implícita na sua teoria, assim como sua abrangência e as problemáticas sociais e científicas que a evolução da cibernética, assim como as teorias decorrentes desta, impõem à sociedade contemporânea.

Destaca-se, ainda, que o contexto no qual essa reconstituição está inserida permite também a compreensão e a trajetória da ciência durante a Segunda Guerra Mundial, assim como as consequências científicas decorrentes desse período. Também são apresentados alguns dos desdobramentos do pós-guerra que impuseram profundas transformações científicas, sociais, éticas e política.

Desse modo, reconstituir a história da cibernética e do seu idealizador, leva a traçar a história de uma geração de pesquisadores que influenciaram esse período, bem como da própria Segunda Guerra Mundial, que trouxe uma mudança profunda na organização social.

A história da cibernética mistura-se com a própria história de vida de Norbert Wiener e está fortemente imbricada pelas motivações, superações, barreiras, educação, influência paterna e de outros profissionais que moldaram a personalidade do pesquisador, assim como as bases da ciência “construída” por ele.

REFERÊNCIAS

ADJUTANT [carta] 21 ago, 1917, Boston, Massachusetts. [para] N. Wiener. 1f. Non-acceptance for Training Camps; Boston, Massachusetts Institute of Technology (MIT), **Collection name MC022**; Box 1; Folder 16.

AGUIRRE, A. L. **Introdução à Identificação de Sistemas: Técnicas Lineares e Não-Lineares Aplicadas a Sistemas Reais**. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2007.

AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY. **Bulletin of AMERICAN MATHEMATICAL SOCIETY Norbert Wiener 1894-1964**, v. 72, nº 1, Part II, 1966.

ASARO, P. M. What ever happened to cybernetics? In: GÜNTHER FRIESINGER; JOHANNES GRENZFURTHNER; THOMAS BALLHAUSEN; VERENA BAUER (eds.). **Geist in der Maschine. Medien, Prozesse und Räume der Kybernetik**. Austria: Verlag Turia & Kant, 2010, p. 39-49.

ASHBY, W. R. **Uma Introdução à Cibernética**. São Paulo: Editora Perspectiva S. A., 1970.

_____. A Aplicação da Cibernética à Psiquiatria. In: EPSTEIN, I. (ORG). **Cibernética e Comunicação**. Tradução Isaac Epstein; Haroldo de Campos; Leonidas Hegenberg; Marcia Epstein, Maria Lucia Cacciola; Octanny Silveira Motta. São Paulo: Editora Cultrix, 1973. p. 191-205.

_____. A Variedade Indispensável e Suas Implicações no Controle de Sistemas Complexos.. In: EPSTEIN, I. (ORG). **Cibernética e Comunicação**. Tradução Isaac Epstein; Haroldo de Campos; Leonidas Hegenberg; Marcia Epstein, Maria Lucia Cacciola; Octanny Silveira Motta. São Paulo: Editora Cultrix, 1973. p. 129-149.

ASPRAY, W. **John von Neumann and the Origins of Modern Computing**. England, Massachusetts: MIT Press, 1990.

BEER, Stafford. **Cibernética e Administração Industrial**. Rio de Janeiro: Zahar, 1969.

BHANSALI, R., J. Asymptotic Properties of the Wiener-Kolmogorov Predictor I. **Journal of the Royal Statistical Society**, v. 36, nº 1, p. 61-73, 1974.

BICUDO, I. **Os elementos/Euclides**. São Paulo: UNESP, 2009.

BICUDO, M. A. V. (Org.) **Pesquisa em Educação Matemática: Concepções & Perspectivas**. São Paulo: UNESP, 1999.

BLOCH, M. **Apologia da História ou o Ofício de Historiador**. Tradução André Telles. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2001.

BLOCH, M. **Introdução à História**. 6ª. ed. Tradução: Maria Manuel, Rui Grácio. Portugal: Publicações Europa-América Ltda., 1997.

BOHR, H. **Almost Periodic Functions**. Tradução para o inglês: Harver Cohn. New York: Chelsea Publishing Company, 1947.

BOLTZMANN, L. **Theoretical Physics and Philosophical Problems**. Boston: D. Reidel Publishing Company, Inc., 1974.

BRANTLINGER, P. The Gothic Origins of Science Fiction. **Duke University Press**, v. 14, nº 1, p. 30-43, 1980.

BRONOWSKI, J. **A Escalada do Homem**. Tradução Núbio Negrão. 2º ed. São Paulo: Martins Fontes/Editora Universidade de Brasília, 1983.

BRUCE, C. **Novas Aventuras Científicas de Sherlock Holmes**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2003.

CAPRA, F. **O Ponto de Mutação**. Tradução Álvaro Cabral. São Paulo: Cultrix, 2006.

CERTAU, M.; GIARD, L.; MAYOL, P. **A Invenção do Cotidiano: morar, cozinhar**. 5. Ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes Ltda, 2003.

CHAVES, V. H. C. **Perspectivas históricas da Pesquisa Operacional**. 2011. Tese (Mestrado em Educação Matemática), Área de Concentração em Ensino e aprendizagem da Matemática e seus Fundamentos Filosófico-Científicos. Rio Claro: Universidade Estadual Paulista. Disponível em:
< <http://repositorio.unesp.br/handle/11449/91049> >. Acesso em: 26 fev. 2016.

CHURCHMAN, C. W. **Introdução à Teoria dos Sistemas**. Tradução Francisco M. Guimarães. 2. ed. Petrópolis, RJ: Editora Vozes Ltda, 1972.

CONWAY, F.; SIEGELMAN, J. Dark hero of the information age. In: **Search of Norbert Wiener, the father of cybernetics**. New York: Basic Books, 2005.

D'AMBROSIO, U. A História da Matemática: questões historiográficas e políticas e reflexos na Educação Matemática. In: BICUDO, M. A. V. (Org.). **Pesquisa em Educação Matemática: concepções e perspectivas**. São Paulo: Unesp, 1999. p. 97-115.

D'AMBROSIO, U. **EA, Pitágoras e Avatar: cenários distintos em Matemática**. São Paulo: Arte Livros Editora Ltda, 2011.

ECO, U. **Como Se Faz Uma Tese**. 11º Ed. São Paulo: Editora Perspectiva S.A., 1994.

ECO, U. **Seis passeios pelos bosques da ficção**. Tradução Hildegard Feist. São Paulo: Cia. das Letras, 1994.

EINSTEIN, A. **Out of My Later Years**. New York: The Philosophical Library, 1950.

EPSTEIN, I. **Teoria da Informação**. São Paulo: Editora Ática, 1986.

_____. Introdução, p. 9-44. In: EPSTEIN, I. (ORG). **Cibernética e Comunicação**. Tradução Isaac Epstein; Haroldo de Campos; Leonidas Hegenberg; Marcia Epstein, Maria Lucia Cacciola; Octanny Silveira Motta. São Paulo: Editora Cultrix, 1973.

FORD, J. J. Cibernética Soviética e Desenvolvimento Internacional. In: DECHERT, C. R. (ORG). **O Impacto Social da Cibernética**. Tradução Adilson Alkmin Cunha. Rio de Janeiro: Editora Bloch, 1970. p. 153-180.

FRANK, H. G. **Cibernética e Filosofia**. Tradução Celeste Aída Galeão. Rio de Janeiro: Edições Tempo Brasileiro LTDA, 1970.

GALISON, P. **The Ontology of the Enemy: Norbert Wiener and the Cybernetic Vision**. Critical Inquiry, v. 21, nº 1, p. 228-266, 1994.

GLEISER, M. **Criação Imperfeita**. Rio de Janeiro: Record, 2010.

GUEDES, M. V. **Grandezas Periódicas não Sinusoidais**. Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, 1992. Disponível em: <<http://paginas.fe.up.pt/maquel/AD/GPnS.pdf>>. Acesso em 24 fev. de 2016.

HALBWACHS, M. **A Memória Coletiva**. Tradução Beatriz Sidou. São Paulo: Centauro Editora, 2008.

HALPERN, O. **Cybernetic Sense**. Interdisciplinary Science Reviews, v. 37, nº 3, p. 218-236, 2012.

HAYES, B. **Machines, Minds and Madness**. American Scientist, Jan-fev, 2011. Disponível em: <<http://www.americanscientist.org/bookshelf/pub/machines-minds-and-madness>>. Acesso em 26.02.2016.

HEIMS, S. J. **John Von Neumann e Norbert Wiener: From Mathematics to the Technologies of Life and Death**. Cambridge: MIT Press, 1980.

_____. **Constructing a Social Science for Postwar America: The Cybernetics Group: 1946-1953**. Cambridge: MIT Press, 1993.

HODGES, A. **Alan Turing: The Enigma**. New York: Walker & Company, 2000.

KARGON, R.; MOLELLA, A. The City as Communications. **Technology and Culture**, v. 45, nº 4, p. 764-777, oct. 2004.

KUHN, T. S. **A Estrutura das Revoluções Científicas**. São Paulo: Editora Perspectiva, 1998.

LÜDKE, Menga; ANDRÉ, Marli E.D.A. **Pesquisa em Educação: Abordagens Qualitativas**. São Paulo: EPU, 1986.

MARTINS, L. P. **História da Ciência: objetos, métodos e Problemas**. Ciência & Educação, Bauru, v. 11, n. 2, p. 305-317, ago, 2005.

MASANI, P. R. **Norbert Wiener 1894 – 1964**. United States: Emil A. Fellmann, 1990.

_____. **Wiener's Contributions to Generalized Harmonic Analysis, Prediction Theory and Filter Theory**. Bulletin of The American Mathematical Society, v. 72, n° 1, p. 73-125, 1966.

MINDELL, D. A. **Between Human and Machine: Feedback, Control and Computing before Cybernetics**. Baltimore, Maryland: The Johns Hopkins University Press, 2002.

MINSKY, M. **A Sociedade da Mente**. Tradução Wilma Ronald de Carvalho. Rio de Janeiro: Francisco Alves, 1989.

MIROWSKI, P. **Machine Dreams: economics becomes a cyborg science**. New York: Cambridge University Press, 2002.

_____. **Cyborg Agonistes: Economics Meets Operations Research in Mid-Century**. Social Studies of Science, v. 29, p. 685-718, oct. 1999.

MOLES, A. Cibernética e Ação. In: EPSTEIN, I. (ORG). **Cibernética e Comunicação**. Tradução Isaac Epstein; Haroldo de Campos; Leonidas Hegenberg; Marcia Epstein, Maria Lucia Cacciola; Octanny Silveira Motta. São Paulo: Editora Cultrix, 1973. p. 83-128.

NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UNITED STATES. **Biographical Memoirs**, Volume 61. Washington, D.C.: National Academy Press, 1992.

NEWMANN, J. **The Computer and the Brain**. United State of America by Courtier Campanies, 1958.

NEWMANN, J. [carta] 16 oct, 1946, Princeton, New Jersey. [para] N. Wiener. 1f. Invitation; Boston, Massachusetts Institute of Technology (MIT), **Collection name MC022**; Box 5; Folder 72.

NEWMANN, J. [carta] 25 nov, 1946, Princeton, New Jersey. [para] N. Wiener. 1f.; Boston, Massachusetts Institute of Technology (MIT), **Collection name MC022**; Box 5; Folder 72.

OWENS, L. Vannevar Bush and the Differential Analyzer: The Text and Context of an Early Computer. **Technology and Culture**, v. 27, n° 1, p. 63-95, 1986.

PETERSON, G. Pickering on science fiction and cybernetics. **Technology and Culture**, V. 41, n. 2, p. 392-395, 2000.

PFOHL, S. O Delírio Cibernético de Norbert Wiener. Tradução Fernanda Albuquerque; Jorge Fayet; Rafael Lime; Leandro Rodrigues. **Revista Famecos**, n. 15, p. 105-121, agosto de 2001.

PIASSI, L. P.; PIETROCOLA, M. Ficção científica e ensino de ciências: para além do método de 'encontrar erros em filmes'. **Educação e Pesquisa**, V. 35, n. 3, p. 525-540, Set./Dez. 2009. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/ep/v35n3/08.pdf> >. Acesso em 04 jan. de 2014.

PRESOTO, A.E. **Crêterios de solubilidade do problema de Dirichlet**. Dissertação (mestrado do Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica). Campinas: Universidade Estadual de Campinas, 2008.

PRIESTLEY, M. **A Science of Operations: Machines, Logic and Invention of Programming**. New York, 2011.

ROQUE, A. **Breve História do Conexionismo entre o Fim do S c. XIX e ~1950**. Disponível em: < <http://sisne.org/Disciplinas/PosGrad/PsicoConex/aula2.pdf>>. Acesso em 06 de ago de 2016.

ROONEY, A. **A História da Matemática – Desde a criação das pirâmides até a exploração do infinito**. Tradução Mario Fecchio. São Paulo: M.Books do Brasil Editora Ltda, 2012.

SABBATINI, R.M.E. **Fic  o Científica e Computadores**. Correio Popular, Campinas, 1996. Disponível em:< <http://www.renato.sabbatini.com/correio/corr9625.htm>>. Acesso em 04 jan. de 2014.

_____. **Imitação da Vida: A História dos Primeiros R bos**. Cérebro & Mente, Campinas, n. 9, 1999. Disponível em: < <http://www.cerebromente.org.br/n09/historia/turtles.htm>>. Acesso em 29 junho de 2015.

SCIENCE REFERENCES SERVICES. Technical Reports and Standards. Disponível em: <<https://www.loc.gov/rr/scitech/trs/trsosrd.html>>. Acesso em 16 de julho de 2016.

SEGAL, I. E. **Norbert Wiener**. National Academy of Sciences. Washington: National Academy Press, 1992.

SHANNON, C.; WEAVER, W. A. **The Mathematical Theory of Communication**. Chicago, Illinois: University of Illinois Press, 1964.

SUTTON, T. C. **Science Fiction as Mythology**. Western Folklore, v. 28, p. 230-237, oct. 1969.

TELEOLOGICAL. [carta] 28 dez, 1944. [para] Capt. H. Goldstein. 2f. Escolha do nome da *Teleological Society*. University of Pennsylvania, Philadelphia, Estados Unidos; Boston, Massachusetts Institute of Technology (MIT), **Collection name MC022** Box 4; Folder 66.

TOFFLER, Alvin. **A Terceira Onda**. 26  Ed. Rio de Janeiro: Record, 2001.

TOFFLER, A. F. **O Choque do Futuro**. Tradução de Eduardo Francisco Alves. Petrópolis, RJ: Vozes Ltda, 1970.

TSALLIS, C. Algumas reflexões sobre a natureza das teorias físicas em geral e da mecânica estatística em particular In: TOM , T. (Org). **Tendências da Física Estatística no Brasil**. São Paulo: USP, Edit ra Livraria da Física, 2003. p. 10-17.

TURING, A. M. **Computing machinery and intelligence**. Mind, nº 59, p. 433-460, 1950.
Disponível em : < <http://www.csee.umbc.edu/courses/471/papers/turing.pdf> >. Acesso em 08 jan de 2014.

WIENER, N. [carta] 10 jul, 1913, Whiteface, N. H. [para] Perry, R. B. 2f. Carta pessoal.
Boston, Massachusetts Institute of Technology (MIT), **Collection name MC022**; Box 1;
Folder 5.

_____. [carta] 19 oct, 1917, Albany, N.Y. [para] Leo Wiener. 1f. Carta pessoal; Boston,
Massachusetts Institute of Technology (MIT), **Collection name MC022** Box 1; Folder 16.

_____. Quantum Mechanics, Haldane, and Leibniz. **Philosophy of Science**, Vol. 1, Nº
4, p. 479-482, oct. 1934.

_____. [carta] 06 maio, 1937, Albany, N.Y. [para] Kolmogoroff. 2f. Carta
pessoal; University Moscow; Boston, Massachusetts Institute of Technology (MIT),
Collection name MC022; Box 3; Folder 47.

_____. [carta] 16 feb, 1938, Cambridge, England. [para] G. I. Taylor. 1f. Carta em
resposta a carta de Taylor; Boston, Massachusetts Institute of Technology (MIT), **Collection
name MC022** Box 3; Folder 49.

_____. [carta] 16 oct, 1945, [para] Giorgio de Santillana. 2f. ; Boston, Massachusetts
Institute of Technology (MIT), **Collection name MC022** Box 4; Folder 69.

_____. **Cybernetics**. Bulletin of the American Academy of Arts and Sciences, v. 3, nº
7, p. 2-4, 1950.

_____. **Ex-prodigy: My Childhood and Youth**. New York: Simon and Schuster, 1953.

_____. **High Speed and Secular Phenomena in Computing Machines**. Boston,
Massachusetts Institute of Technology (MIT), **Collection name MC022** Box 30C; Folder 729,
1953.

_____. **Cibernética e sociedade: o uso humano de seres humanos**. 4º Ed. Tradução de
José Paulo Paes. 4. ed. São Paulo: Cultrix, 1954.

_____. **Nonlinear Problems in Random Theory**. Cambridge, Massachusetts: M.I.T.
Press, 1958.

_____. **Cybernetics: or control and communication in the animal and the machine**.
Cambridge, Massachusetts: M.I.T. Press, 1961.

_____. **GOD & GOLEM CIA**. Cambridge, Massachusetts: M.I.T. Press, 1964

_____. **I AM A MATHEMATICIAN**. Cambridge, Massachusetts: M.I.T. Press, 1966.

_____. O homem e a Máquina. In: CUNHA, F. (Org); FELIX, M. (Org). **O Conceito
de Informação na Ciência Contemporânea: Colóquios Filosóficos Internacionais de**

Royaumont. Tradução de Maria Helena Kühner. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra S. A., 1970. p. 69-76.

_____. **Invention:** The care of Feeding of Ideas. Cambridge, Massachusetts: M.I.T. Press, 1993

ZEMAN, J. Significado Filosófico da Noção de Informação. In: (ORG). **O Conceito de Informação na Ciencia Contemporânea.** Tradução Maria Helena Kühner. Rio de Janeiro: Editora Paz e Terra S. A., 1970. p. 154-168.

APÊNDICE A – CONTO DE FICÇÃO CIENTÍFICA

BIOBOY: O CIBORGUE QUE CALCULAVA

Capítulo I - O Estrangeiro

Bioboy permanecia sentado e olhando tudo ao seu redor, atentamente. Não restava a menor dúvida, estava comparando tudo o que via com os registros de sua memória. Nesse transe, calculava a probabilidade de aquelas imagens serem apenas projeções de um mundo virtual. Há muito tempo isso deixou de ser um problema para os terráqueos, não para ele.

Ele era tido, por todos que o conheciam, como uma pessoa confusa e atrapalhada. Seu pai não tinha dúvidas, sua parte cibernética não funcionava bem.

- Vejam só - contava seu pai- calculamos, diariamente, tim-tim por tim-tim, tudo o que o nosso metabolismo necessita em função das atividades que realizamos. À medida que falava, sua perplexidade aumentava, e o seu tom de voz também. Continuou:

- Esse cálculo é muito simples, basta apertar um botão e pronto, tudo é calculado e registrado em nossa memória. Mas, meu filho perde um tempão fazendo e refazendo esses cálculos.

Bioboy era um terráqueo diferente. Ele não se rendia às imposições do seu pai, pois o de que mais gostava mesmo era de formular conjecturas, procurar por padrões e valer-se de raciocínio lógico e abstrato. Assim, sua grande paixão era a Matemática.

Acho mesmo que o seu pai não entendia muito bem tudo isso. E, naquele momento em que Bioboy assistia às suas próprias ações, tentando analisar a possibilidade de ser esboço de sua própria imaginação, eis que alguém novo surge em cena.

- Olá - disse o estrangeiro. - Venho do outro lado, não sei quem sou nem para aonde vou, mas sei que a matriz que me gerou fez de mim um ser, um ser pensante. Bioboy o ouvia como se estivesse no mundo dos sonhos e jamais esqueceria essa conversa. O estrangeiro, entretanto, continuou a discorrer sobre a semelhança entre ele e Bioboy.

- Temos muitas coisas em comum – ponderou, ele. - Gostamos de pensar, mobilizando somente nossos recursos biológicos. E sabe por que poucas pessoas pensam como nós? – perguntou ele.

– Não, confessou Bioboy. E ele, empolgado, continuou:

- Para que isso seja possível precisamos manter nossos registros sensoriais, táteis e visuais associados, coisa incomum para os seres da nossa era.

Bioboy, ainda surpreso com a chegada inesperada daquela criatura, balbuciou: – Desculpe, mas, posso ajudá-lo em? Ele mal tinha formulado a pergunta e o estrangeiro retomou a palavra, sem lhe responder.

- Como ia dizendo, há muito tempo o homem se inspirava na natureza para desenvolver novos sistemas e, agora... Nesse momento Bioboy o interrompeu com veemência, pois percebeu que só assim teria chance de falar alguma coisa.

- E a-go-ra? Falou Bioboy pausadamente, acentuando a pronúncia de cada sílaba – O homem de que acabou de falar, ao mesmo tempo em que se inspirava na natureza, a destruía sem piedade! Já mal humorado, prosseguiu com seu discurso.

- Perdura até hoje o esgotamento dos recursos naturais que eles provocaram, e o rastro de destruição que semearam no planeta.

Resolveu explicitar melhor o seu ponto de vista, pois o estrangeiro começou a resmungar, parecendo não concordar com o que ele estava dizendo. - Há cerca de 30.000 anos, o dióxido de carbono deixado por essa civilização ainda não se dissipou. Assim, hoje, todos os nossos consumos e movimentações são assistidos pelo *survive's program*.

Por alguns momentos pairou no ar um silêncio, um pouco incômodo entre eles e, nesse ínterim, Bioboy resolveu acrescentar mais uma razão pela qual a terra quase pereceu.

Ah! Exclamou ele, iniciando nova argumentação: - Naquela época, os humanos não tinham controle sobre o aumento da população, assim os problemas ambientais se agravavam cada vez mais.

Como Bioboy adorava fazer cálculos, aproveitou o embalo e quantificou sua ideia.

- Suponha que a população humana aumente 1% a cada ano. No ano seguinte, a quantidade é 1.01 a população original, 1.0201 no segundo ano, 1.030301 no terceiro ano, e assim sucessivamente. Logo, em 70 anos ela duplicou.

Curioso! – Retrucou o estrangeiro - Esse cálculo, o quociente entre o logaritmo de dois e o logaritmo de 1.01, que resultou o valor 70, me remete a um fluxo intenso de circuitos, por exemplo, o das finanças. - Em desuso, nos tempos atuais - replicou Bioboy, apesar de que a função logarítmica seja capaz de responder uma gama enorme de questões, tais como: epidemias, consumo de energia, explosões nucleares e demográficas.

A discussão continuou: entre ambos havia muitas ideias em comum, e uma delas a de que, hoje, o nosso maior tesouro é o equilíbrio, a harmonia, que o homem conseguiu estabelecer entre ele e a natureza, ou seja, depois de tantas intempéries, conseguimos manter o planeta habitado.

Findada a discussão, o estrangeiro pegou carinhosamente um punhado de terra e olhou-a com admiração. - Não precisamos de muito para entender nossa evolução, disse ele. - Tenho cá, comigo, um pedaço do universo e, através desse punhadinho de terra, posso ver que o campo magnético da terra inverteu-se centenas de vezes ao longo dos últimos bilhões de anos.

- E tem mais, ainda sugere o que está por vir! – Agora, era ele que estava empolgado, e continuou. - Por exemplo, as mudanças que estão ocorrendo no metal líquido da terra, há 3000 quilômetros abaixo da superfície, sugerem a possibilidade de uma nova reversão do campo geomagnético do planeta.

Os dois ficaram calados por algum tempo. Era possível ouvir ao longe o desligamento da usina de energia solar, que, a cada três segundos, emitia um som cada vez mais grave, o qual parecia compor uma partitura musical. Bioboy tirou do bolso um pequeno aparelho, que a princípio não o reconheci, acionou-o e comentou com o estrangeiro:

- Faltam 3 minutos e 53 segundos para o pôr do sol e 3 minutos e 58 segundos para o último som da usina chegar até nós, considerada a distância que estamos dela, 1650 metros, e a velocidade das ondas sonoras no ar, que é de 330 metros por segundo.

O estrangeiro olhou mais atentamente o aparelho e exclamou:

- Nossa, que aparelho antigo!

- É um cronometro, disse Bioboy orgulhoso, ganhei do meu avô, que, por sua vez, ganhou do avô dele. O estrangeiro ficou observando o aparelho e pareceu recuar no tempo. O estrangeiro ainda estava com a mão cheia de terra e, alguns minutos depois, jogou-a para o alto e, como havia uma brisa moderada, as partículas de poeira se elevaram na atmosfera.

Os dois sorriram ao observarem o desenho traçado pelo vento com as partículas de poeira, e seus pensamentos, ao sabor do vento, também tomaram outro rumo. A presença dessas partículas de poeira podia ser vista e sentida, mas, a cada segundo, bilhões de neutrinos atravessam nosso corpo à velocidade da luz, sem serem percebidos.

Assim como a realidade, nosso corpo também tem um forte componente aleatório que interfere em nossos pensamentos. Foi nesse rumo que, ao sabor do vento, a discussão içou as velas.

Ora o estrangeiro concordava, meneando a cabeça, ora era Bioboy que o fazia.

- O pensamento é um tipo de energia, o qual estabelece uma forte interação com as partículas de neutrinos, que se movem ao acaso - falava Bioboy. Ao que respondia, prontamente, o estrangeiro. - Nosso cérebro funciona como um servidor de dados, recepcionando e decodificando esses pacotes de dados, inclusive os neutrinos que podem ser

capturados pela corrente neural. Isso explica porque posso criar uma imagem, dar voz e pensamento a ela e imaginá-la real.

E, alternadamente, um concordava com o outro. Assim, foi se criando uma empatia entre ambos. Bioboy abaixou-se para pegar mais um punhado de terra e, quando virou, percebeu que o estrangeiro não estava mais ali. Olhou ao redor, e nada.

Ele sabia que a visualização não era o suficiente para conduzir o seu pensamento e, num sussurro, falou: - Você pisca o olho e a luz dá sete voltas e meia em torno da terra e foi nesse piscar de olho que o estrangeiro desapareceu.

Capítulo II – O mundo de Bioboy

No século L, o equilíbrio estava estabelecido entre o homem e a natureza. O pai de Bioboy sempre dizia: - É preciso ordem e racionalização para vivermos em uma sociedade justa, humanista e ecologicamente responsável.

A matemática era a chave para a realização de tudo isso. Tudo era milimetricamente calculado, desde as rações diárias, água, dejetos, lixo, etc. A racionalização de métodos e procedimentos fazia parte da vida de cada terráqueo, tornando-se essencial para a sua sobrevivência.

Por exemplo, um simples nome era capaz de identificar unicamente um terráqueo, suas potencialidades, o continente em que habitava e outras coisas mais. Assim, o próprio nome era um código, e o que ele não conseguia revelar, o seu *link* para um *chip* de computador complementar as informações.

Com relação à ordem social, esta era fundada na generosidade de todos para com todos, necessidades modestas, alta eficiência e consumo racional. Era essa a sociedade do século L, da qual Bioboy fazia parte. A vida transcorria sem grandes surpresas.

Bioboy era ainda bastante jovem e, tinha toda a vida pela frente. Como havia nascido no século XLIX, tinha ainda mais dois séculos para executar sua missão. Todo mundo nascia, sempre, no primeiro dia de um século. Todo mundo deixava de existir no primeiro dia do terceiro século consecutivo ao seu nascimento. Já nasciam com uma identidade genética pré-definida, cujas aptidões seriam aperfeiçoadas, ao longo dos anos, para fins específicos e, quase sempre, em prol dos humanos.

Bioboy era um desses terráqueos e, pela sua idade, estava prestes a conhecer o motivo de ter vindo ao mundo. Quando era menor, vivia perguntando para seus botões: – Será que essa minha obsessão por cálculo tem algo a ver com a minha missão? Suas conjecturas

sempre o levavam a crer que sim, mas, quando ficou um pouquinho mais velho passou a controlar melhor sua ansiedade por desvelar a missão que tinha a cumprir.

Esse não era seu nome, mas, sim, um apelido carinhoso que Vltxxkz ganhou de sua comunidade, quando ainda pequeno. - Bioboy, que apelido engraçado você tem! – Exclamava um amigo – ou então – Porque você tem esse apelido? - Perguntava o outro. A explicação dele era sempre a mesma. – É que a cada duas ideias que surgem na minha cabeça, uma delas envolve cálculos e para resolvê-los eu uso meus recursos biológicos e, não os *chips* eletrônicos. Então foi essa mania que lhe rendera o apelido. O tempo passou, ele cresceu e, na mesma proporcionalidade, a complexidade dos cálculos que efetuava.

Ah, por falar em infância, um fato marcante nessa fase da vida de Bioboy foram as histórias antigas, que lia ou ouvia. As suas preferidas eram as que iam além dos limites da compreensão, que falavam de intuição e, muitas vezes, essa palavra referia-se ao sexto sentido. Ao ouvi-las ou lê-las, sempre resmungava consigo mesmo: – Estupendamente intrigante e paradoxalmente incompreensível! Eram essas palavras que sempre resmungava quando as ouvia e finalizava com uma pergunta: - Será que o sexto sentido da história tem algo a ver com o nosso sexto sentido? - Muito sensata sua pergunta - falavam uns e outros. Assim, ouviu muitas respostas, mas nenhuma convincente o bastante para que ele deixasse de tornar a fazê-la outras vezes.

Muitas dessas respostas, falavam da mutação que o humano sofrera, há centenas de anos, relativa aos sentidos que formam o sistema somatossensorial. Os humanos adquiriram um novo sentido e, agora, possuíam esse chamado “sexto sentido” - imputado, programado e operado em silício e integrado a rede neural.

Esse novo sentido veio suprir as deficiências dos outros. Posso dar um exemplo: antes o olho humano não era capaz de ver a radiação de todos os comprimentos de onda e outras coisas mais e, agora, o sistema nervoso do homem está em constante interação com o mundo exterior, ou seja, quase tudo é perfeitamente detectável por esse novo sentido.

- Isso tudo é muito interessante - dizia Bioboy - mas eu quero mesmo entender se existe uma relação entre eles, pois, às vezes, tenho a impressão de que estamos falando da mesma coisa, e outras vezes, de coisas antagônicas.

Como vocês já perceberam, Bioboy, decididamente, não desistia tão facilmente de entender as coisas. Agora, estava prestes a tornar-se um “Hognoscom”, designação dada a um humano que alcança sabedoria suprema. Suprema porque, além de tornar-se adulto e tomar conhecimento de sua missão, seus conhecimentos serão aperfeiçoados e transformados em obra coletiva. Para isso, sua atenção à vida é redobrada.

Voltando ao caso do estrangeiro, Bioboy ainda não tinha uma explicação, isso ficou para depois. Por ora, sua atenção estava voltada para a natureza a qual lhe apresentava um raro fenômeno. A lua postava-se diante do sol e, com cuidado assaz, procurou, milimetricamente, ajustar o seu centro ao do sol. Numa dança concêntrica, provocou um eclipse solar anular. O pano de fundo, o horizonte, cedeu aos seus caprichos, baixou à sombra para destacar a beleza do momento, um anel de luz para as Deusas das Galáxias.

Capítulo III - A Situação Problema

Findo o espetáculo, Bioboy suspirou e sorriu. Seu semblante espelhava o que acabara de assistir, o show da natureza. Aos poucos, sua mente foi-se ocupando, novamente, do caso do estrangeiro misterioso. Começou com um simples encadeamento de ideias e, devagarinho, esse encadeamento tornou-se mais complexo. “Lógica é a ciência de raciocinar, ou seja, palavra que usamos para determinadas maneiras de relacionar ideias”, não é? Foi assim, que Bioboy, começou a criar um sistema lógico para desvendar esse mistério.

Primeiro, foi resgatar da memória os dados relacionados a esse assunto, reunindo cada detalhe por mais insignificante que fosse.

Depois de alguns cálculos,

- Uma coisa é certa - resmungou ele - a radiação eletromagnética emitida pelo corpo do estrangeiro não condiz com a calculada. Sabemos que o comprimento de onda e a frequência desta são inversamente proporcionais, ou seja, conforme diminui o comprimento de onda a frequência aumenta e também a energia que a onda é capaz de transportar.

Nada disso fazia sentido para os dados amostrados, pois, o *feedback* eletromagnético, entre ele e o estrangeiro, eram incompatíveis com o modelo adotado, levando-o ao colapso. Outras evidências também foram incorporadas ao seu sistema lógico, como ele mesmo disse:

- O cálculo do ângulo de chegada de cada partícula de energia foi o que me deu uma resposta definitiva para essa questão. Em uma realidade virtual, a rota dos raios segue uma estrutura geométrica precisa, matricial, diferente da real, na qual eles se originam de todos os ângulos possíveis. A geometria, em conjunto com as informações anteriores, me levou à triangulação necessária para determinar com exatidão que o estrangeiro é um ser virtual.

Repetiu novamente sua conclusão, como se quisesse validá-la, e completou:

- Mas,.....uhhhh..., ou será um sentimento de *déjà vu*? Ponderou ele.

De certa forma uma parte do enigma estava resolvido. Ele sabia que a imagem do estrangeiro não era real. Certamente que tudo isso deixou o jovem Bioboy curioso, e era esperado que questionasse. E foi o que fez.

- Qual o significado de tudo isso? É um teste? Tudo isso tem a ver com a minha missão? O que há a fazer?

Esta ultima pergunta foi dirigida a seu pai, que, naquele momento, estava por perto e respondeu prontamente:

- Existe mesmo um ponto a ser entendido. Mas não deu nenhum palpite.

Na manhã seguinte, logo cedo, Bioboy foi até a Conexão Conhecimento. Encontrou, por lá, muitos amigos. Aliás, era quase impossível ir até lá e passar despercebido, pois, a arquitetura de sua construção era projetada de tal forma que a probabilidade de as pessoas se encontrarem era grande. A troca de experiência entre pessoas de diferentes formações é essencial para o sucesso do aprendiz e isso justificava essa arquitetura.

Como cada aprendiz escolhe suas atividades, dirigiu-se para a sala que tinha alguns simuladores. Essas simulações eram feitas em um computador que continha todas as informações digitalizadas da terra e da galáxia. Sendo assim, era possível reconstituir um evento passado. Para falar a verdade, é como se essas simulações fossem verdadeiras máquinas do tempo às quais permitiam compor o passado.

Antes de qualquer coisa, trocou algumas ideias com amigos presentes, os quais lhe deram algumas sugestões. Olha, disse um:

– A primeira etapa será explorar o seu mundo sensorial.

- Não concordo, argumentava o outro.

Alguém no meio das discussões sugeriu:

- A **transferência de informações da mente para o chip de computador** não irá ajudar muito. Se você olhar para o corpo humano, há milhares de milhões de células, cada uma tem suas funções próprias, a sua própria energia, e todas funcionam harmoniosamente.

O fato é que essa ultima ideia despertou outra na cabeça de Bioboy, pois sorrindo disse:

– É isso mesmo – e repetiu a ultima frase - e todas funcionam harmoniosamente juntas.

Findada a discussão, começou a programar o computador para a simulação. A primeira fase consiste em parametrizar o simulador e **conectar-se à máquina, já que a sua mente seria um dos dispositivos de input**. À sua frente, ficava um painel de luzes coloridas, onde cada cor indicava uma funcionalidade diferente. Na parte superior esquerda, luz azul, indicava

as entradas de dados e era possível observar as opções por ele assinaladas: para banco de dados, cérebro; para transistores, neurônios, ou seja, suas sinapses seriam transferidas para o computador, codificadas e transformadas em informações, e estas podiam intervir de modo efetivo no processamento das informações.

Na parte inferior esquerda, luz vermelha, ficavam os dispositivos de saída. Na opção assinalada figurava seu nome, Vltxxkz, sinal que a saída seria registrada na sua memória. Complementou com outros dispositivos de entrada, informou parâmetros e, sempre muito cauteloso, especificou um alto grau de confiabilidade, 99%.

Na parte central do painel de controle, luz amarela, era possível observar, pelo ícone luminoso, o programa simulador selecionado. Dentre vários, o selecionado é um dos mais precisos, considera todas as situações que estão relacionadas, criando matrizes de várias dimensões que interagem até compor uma linguagem coerente e que represente a compreensão do problema. Com o objetivo de compor relações, realiza inferências, considerando tanto o conhecimento implícito, conhecimento piloto fornecido pela memória de Bioboy, quanto o explícito, conhecimento armazenado explicitamente, ou seja, em alguma forma de mídia.

Depois que informou todos os parâmetros, Bioboy falou:

- De certa forma, a proposta é encontrar conexões não triviais, sendo assim, tenho que me livrar de todas as hipóteses passíveis de erro, para daí, então, procurar as soluções prováveis buscando **padrões reveladores**. A matemática também é um modo de pensar que pode ajudar-me a encontrá-los. Dito isso, sentou no computador e deu início a **simulação**.

Capítulo IV - A Simulação

“Muitas vezes sonhamos e pensamos estar vivendo uma experiência real e, quando acordamos, muitas vezes, confusos e sonolentos, procuramos um referencial para saber se o vivido foi um sonho ou aconteceu de fato. A sensação experimentada nas simulações é a mesma. Buscam-se referenciais de forma que se possa entender um fenômeno ocorrido na vida real”.

Foram exatamente essas as palavras utilizadas por Bioboy ao fazer alguns comentários, quando terminou a simulação. E continuou, expondo seu ponto de vista:

- Como em um sonho, o referencial é importante para discernir a realidade e, também o é na simulação. O simples fato de mudar algo que possa parecer insignificante no referencial pode ter consequências imprevisíveis e mudar todo o contexto. A interpretação da

mensagem está diretamente relacionada com o contexto. Como por exemplo, o DNA pode transmitir sinais diferentes em contextos diferentes.

Depois de passar toda a tarde no simulador, ele tinha uma resposta para o seu enigma e esse foi o assunto do Centro do Conhecimento, durante o resto da noite. Essa simulação teve um colorido especial para Bioboy, pois ele conseguiu formular uma audaciosa interpretação do real fundamentada em base lógica e matematicamente sólida. Foi assim que Bioboy entendeu a aparição do estrangeiro e a configuração de sua mente. Riu de ter sido tão ingênuo e não reconhecer sua assinatura virtual, o estrangeiro.

No dia seguinte, Bioboy acordou demasiadamente cedo. Através da janela, semiaberta, podia vislumbrar o objeto mais brilhante do firmamento. Deu um salto e pôs-se de pé para contemplar melhor aquela beleza. O ar límpido propiciava uma visão extremamente reluzente de Vênus, cuja magnitude parecia ultrapassar em muito os seus -4.4. Seu olhar estava fixado em algum lugar além do infinito, pensando nas experiências do dia anterior.

A notícia correu. Logo cedo, no Centro do Conhecimento, havia várias pessoas aguardando a chegada de Bioboy. Ele foi um dos primeiros a chegar, esperou alguns minutos e deu início a explicação:

- A matemática explica o que não podemos ver, de certa forma, há uma dose de magia quando os controles fogem de nossos sentidos e a matemática assume o comando.

Foi assim que começou seu discurso, respirou profundamente e continuou:

- Jamais passou pela minha cabeça que o estrangeiro pudesse ser minha assinatura digital ou minha antimatéria. Tal descoberta se deve ao sinal negativo numa equação que surgiu em uma situação de grande complexidade durante a simulação.

O estrangeiro, como ser virtual, pode mover-se lateralmente no tempo, ou seja, transitar do passado para o futuro e vice-versa. Quando se está avançando no tempo, do passado para futuro, a criação vem antes da destruição e, em caso contrário, do futuro para o passado, a criação vem depois da destruição.

Olhou para as pessoas como se esperasse uma intervenção e, como ninguém se manifestasse, continuou:

- Todos nós temos uma missão e na minha, seja ela qual for, a matemática está envolvida. O estrangeiro veio avaliar minha capacidade lógica para resolver problemas e o meu conhecimento matemático, ou seja, ele veio constatar se estou apto para tornar-me um Hognoscon. É o principal objetivo da missão do estrangeiro.

No trânsito do futuro para o passado ele constatou que a maior deficiência da raça humana é que ela está perdendo, ao longo do tempo, suas capacidades: criativa, de raciocínio

lógico, de abstração e outras mais. Essa perda é devida ao intenso uso eletrônico. Em decorrência disso, a matemática está se afastando da experiência humana de uma forma tão abrupta, que estava mudando a maneira de funcionamento de nosso cérebro.

Não resta dúvida que, sem a Matemática, seria impossível desenvolver novos recursos tecnológicos capazes de potencializar nossas limitações biológicas. Sem esses recursos não conseguiríamos sobreviver. Podemos afirmar, sem titubear, que a matemática governa o mundo.

Alguém da plateia pediu a palavra. Era o mestre do Centro do Conhecimento. Começou falando sobre a missão de Bioboy:

- A missão de Bioboy começa hoje, aqui no Centro do Conhecimento. Bioboy está pronto. Como ele mesmo disse, a missão do estrangeiro era avaliar sua capacidade e posso afirmar que, ao desvendar essa charada, Bioboy o fez com inteligência e criatividade. Quero parabenizá-lo pela lógica que balizou sua interpretação e pela beleza geométrica que deparou ao expandir as dimensões matriciais para associar as duas realidades díspares: virtual e real. Há muito tempo que nós, terráqueos, canalizamos todo o conhecimento para garantir nossa sobrevivência. Bioboy vai trabalhar para esse fim e tenho certeza que o fará da melhor maneira. Quero convidar a todos os presentes para o seu Hognoscere que será realizado amanhã.

Finalizou seu discurso com esse convite.

No dia seguinte, terça-feira, 10 de julho de 4910. Dia especial para Bioboy. Havia festa no Centro de Conhecimento que ficava na pequena comunidade onde morava, uma dentre muitas outras espalhadas por toda a galáxia. Todas elas estavam conectadas para assistir e homenagear Bioboy pelo seu Hognoscere. Os homenageados eram agraciados com a estatueta “Arquitetos do Futuro”, na qual se podia observar a espiral de Fibonacci, representando a galáxia como se fosse um furacão e, emergindo do seu centro, um terráqueo que vence sua fúria com seu conhecimento.

Para mim, como narrador e integrante dessa comunidade, é sempre um momento extraordinário assistir a essas festividades, nas quais, meninos como Bioboy, tornam-se homens imprescindíveis para a ciência. Sempre que narro essas histórias, reflito sobre a nossa natureza, nossos valores, nossos devires e nossos fins. Apesar de não ser totalmente uma criatura humana, mas em grande parte, uma construção matemática, sempre me emociono ao narrá-las. O fim da história não é difícil de imaginar e as palavras que se seguem foram pronunciadas por Bioboy no dia do seu Hognoscere:

“O estado do mundo, no momento presente, determina precisamente a maneira como o futuro se desenrolará. A minha missão, que se inicia hoje, é justamente preservar algumas funcionalidades do cérebro humano que, se nada for feito, desaparecerão em um futuro próximo. O processo de projetar o homem para além de sua natureza biológica, tornando-o um ser programável, levou o a desligar-se de sua natureza humana. O meu desafio é reestabelecer essa conexão no que tange à capacidade de raciocínio matemático, sem o qual o humano perderá a supremacia sobre seu corpo, lugar dos sentidos e experiências. Sei que são inumeráveis as estratégias da evolução, mas sei, também, que é necessário interagir para corrigir um erro do passado. Não temos tempo para esperar a seleção natural resolvê-lo e, sendo assim, o resolvemos utilizando as mesmas tecnologias que o originaram. Ser um hognoscere significa reconhecer a minha capacidade de transformar, usar meu conhecimento em prol da humanidade e, meu aporte, a matemática, servirá para humanizar o homo *silicium*. Assim espero”.

Bioboy, o ciborgue que calculava.

ANEXO – PRODUÇÕES DE NORBERT WIENER

- An Account of the Spike Potential of Axons*, 1948.
- Active Fields in Mathematics Since the Beginning of the Century*, [1950-1960].
- "Aesthetics," *Encyclopedia Americana*, article, 1917.
- Aid for German-Refugee Scholars Must Come from Non-Academic Sources*, 1934.
- An Alternative to the Method of Postulates*, [1913-1915].
- Analysis Situs in Terms of Sequential Limit*, ca. 1921.
- Analytic Properties of the Characters of Infinite Abelian Groups*, 1932.
- Analytical Approximations to Topological Transformations*, 1926.
- The Application of Physics to Medicine*, 1960.
- Approximation*, [1915-1920].
- Atomic Knowledge of Good and Evil*, 1950.
- The Automatic Factory*, 1953.
- Automatization*, 1954.
- The Average of an Analytical Functional*, 1921.
- The Average of an Analytical Functional and the Brownian Movement*, 1921.
- The Average Value of a Functional*, 1924.
- Back to Leibniz*, 1932.
- Behavior, Purpose and Teleology*, 1943.
- Bertrand Russell's Theory of the Nature of Reality*, [1913-1915].
- Bilinear Operations Generating All Operations Rational in a Domain*, 1920.
- Biographical Sketch of Philip Franklin*, ca. 1935.
- Bocher Prize, Speech*, 1933.
- The Book and the Church*, 1952.
- The Brain*, 1950.
- The Brain and the Machine*, 1960.
- Brain Waves and the Interferometer*, ca. 1956.
- A Canonical Series for Symmetric Functions in Statistical Mechanics*, 1940.
- A Categorical Set of Postulates for Non-Sequential Limit on a Line*, ca. 1922.
- Causality and Information*, 1953.
- Certain Formal Invariance in Boolean Algebras*, 1917.
- Certain Iterative Characteristics of Bilinear Operations*, 1920.
- Certain Iterative Properties of Bilinear Operations*, 1920.

- Certain Notions in Potential Theory*, 1922.
- Certain Theorems Concerning the Limits Sequences of Continuous Functions*, [1913-1915].
- The Characteristic Properties of Linear and Non-Linear systems*, ca. 1949.
- Characters of Abelian Groups*, 1933.
- Chess-Playing Automata, The Turk, Mephisto, and Ajeeb*, 1949.
- The Chess Playing Machine and the Machine which Governs*, 1948.
- A Class of Gap Theorems*, 1934.
- The Closure of Bessel Functions: Abstract*, 1935.
- On the Closure of Certain Assemblages of Trigonometrical Functions*, 1927.
- Coherency Matrices and Quantum Theory*, 1928.
- Color-Vision and Color-Blindness*, [1910-1913]
- Communication and Secrecy in the Modern World*, 1950.
- A Comparison Between the Treatment of the Algebra of Relations by Schroder and that by Whitehead and Russell*, 1913.
- Comprehensive View of Prediction Theory*, 1950.
- The Computing Machine and Form (Gestalt)*, 1951.
- The Concept of Group Transformation and of Group Characteristics*, 1950.
- The Concept of Homeostasis in Medicine*, 1953.
- Une Condition Necessaire et Suffisante de Possibilitie pour le Probleme de Dirichlet*, 1924.
- Conspiracy of Conformists*, 1954.
- Contribution to Proceedings of the International Symposium on the Application of Automatic Control in Prosthetics Design*, 1962.
- A Contribution to the Theory of Interpolation*, 1925.
- A Contribution to the Theory of Relative Position*, 1914.
- The Contributions of the Known and the Object in the Anatomical Diagram*, 1911.
- Convergence Properties of Analytic Functions of Fourier-Stieltjes Transforms*, 1939.
- Critical Monism*, [1910-1913].
- A Criticism of Berkeley's Theory of Knowledge*, ca. 1912.
- A Criticism of Spaulding's "A Defense of Analysis,"* [1910-1913].
- Cybernetics*, 1948.
- Cybernetics, Lecture for Institute of Radio Engineers*, 1948.
- Cybernetics*, 1948, 2nd ed. 1961.

Cybernetics, 1950.

Cybernetics, 1953.

Cybernetics and Philosophy, 1951.

Cybernetics (Light and Maxwell's Demon), 1952.

Cybernetics of the Nervous System, 1965.

La Cybernetique, 1957.

Danger of Importance, 1957.

Daniell Integration in Function-Space, ca. 1920.

The Day of the Dead, 1952.

The Decline of Cookbook Engineering, 1938.

The Definition and Ergodic Properties of the Stochastic Adjoint of a Unitary Transformation, 1957.

Definition of the Fundamental Notions of Projective Geometry in Terms of the Relation of the Relation of

Intersection among Convex Surfaces, ca. 1915.

Differential Space, 1923.

Differential Space, Quantum Systems and Prediction, 1966.

The Differential Space Theory of Quantum Systems, 1955.

The Dirichlet Problem, 1924.

Discontinuous Boundary Conditions and the Dirichlet Problem, 1923.

The Discrete Chaos, 1943.

Distributions Quantiques dans l'Espace Differentiel pour les Fonctions, 1953.

The Duty of the Intellectual, 1960.

Dynamical Systems in Physics and Biology see: Fundamental Science in 1984.

The Dynamics of Population of One Species, 1955.

Dynamics of the Nervous System, ca. 1949.

The Economic Significance of Atomic Energy if Applied to Peacetime Use, 1950.

Ecstasy, *Encyclopedia Americana* article, 1917.

Einsteiniana (Facts and Fancies about Dr. Einstein's Famous Theory), 1929.

Electroencephalography and Instrumentation, 1957.

The Electronic Brain and the Next Industrial Revolution, 1953.

Elements of Prediction Theory (Nonlinear), ca. 1959.

The Emotions and the Normative Science, [1910-1313].

- The End of Educational Waste (America and Its Future Cultural Contribution to the World)*, 1951.
- Entropy and Information*, 1950.
- The Equivalence of Expansions in Terms of Orthogonal Functions*, 1922.
- The Ergodic Theorem*, 1939.
- An Example of the Use of Anthology in Historical Research*, [1910-1913].
- Ex-Prodigy: My Childhood and Youth*, 1953.
- Extrapolation and Interpolation and Smoothing of Stationary Time Series with Engineering Applications*,
1949. (See: *Time Series*).
- L'Extrapolation, l'Interpolation et le Polissage des Suites Aleatoire Stationnaires*, ca. 1949.
- Fabry's Gap Theorem*, 1935.
- A Factorization of Positive Hermitian Matrices*, 1959.
- The Fallacy of Historiometrical Method*, [1910-1913].
- The Fifth Dimension in Relativistic Quantum Theory*, 1928.
- The Foundations of Quantum Theory*, 1954.
- Fourier Analysis and Asymptotic Series*, Appendix to V. Bush, *Operational Circuit Analysis*, 1929.
- The Fourier Integral and Certain of its Applications*, 1933.
- Fourier-Stieltjes Transforms and Singular Infinite Convolutions*, 1938.
- Fourier Transforms in the Complex Domain*, 1934.
- From the Computing Machine to the Automatic Factory*, Prepared for delivery at City College, N.Y.,
1953.
- Functional Equations in Symbolic Logic*, [1915-1920]
- Fundamental Science in 1984*, 1964.
- A Further Contribution to the Theory of Relative Position*, ca. 1915.
- The Future of Automatic Machinery*, 1953.
- Gap Theorems*, 1936.
- Une Generalisation des Fonctionells a Variation Borne*, 1927.
- Generalization of Ikehara's Theorem*, 1939.
- Generalizations of the Wiener-Hopf Integral Equation*, 1946.
- Generalized Harmonic Analysis*, 1930.
- Generalized Harmonic Analysis and Tauberian Theorems*, 1966.

God and Golem, Inc., 1964. See also: *Prolegomena to Theology*, 1962.
Godfrey Harold Hardy, 1877-1947, 1949.
The Grammar of the Semi-Exact Sciences, 1955.
The Grand Privilege. See: The Duty of the Intellectual.
The Group of the Linear Continuum, 1922.
Gruppentheoretische Aufgaben, ca. 1914.
Harmonic Analysis and Ergodic Theory, 1941.
Harmonic Analysis and Group Theory, 1929.
Harmonic Analysis and Random Time Functions, 1958.
Harmonic Analysis and the Quantum Theory, 1929.
The Harmonic Analysis of Irregular Motion, 1926.
Heaviside Biography, 1930.
Hermitian Polynomials and Fourier Analysis, 1929.
High Speed and Secular Phenomena in Computing Machines, ca. 1953.
The Highest Good, 1914.
The Historical Background of Harmonic Analysis, 1938.
Homeostasis in the Individual and Society, 1951.
L'Homme et la Machine, 1962.
The Homogeneous Chaos, 1938.
How U.S. Cities Can Prepare for Atomic War (Cities that Survive the Bomb), 1951.
The Human Use of Human Beings, 1950, 2nd Ed. 1954.
I am a Mathematician, 1956.
Ideas for an Outline of a Treatise on Cybernetics, 1953.
The Impact of Communication Engineering on Philosophy, ca. 1955.
Impact of Statistical Mechanics on Modern Physics and Physiology, ca. 1949.
In Memory of Joseph Lipka, 1924.
Intellectual Precocity, its Nature and Fate, 1957.
Interaction Analysis of Spikes, undated.
Interaction of Nerve Fibers, undated.
Internationalization of Science, 1948.
Introduction to Mathematical Electroencephalography, ca. 1957.
Introduction to Neurocybernetics, 1963.
Is Mathematical Certainty Absolute?, 1915.
Is Will Prior to Reason?, 1911.

- The Isomorphisms of Complex Algebra*, 1921.
- The Iteration of Bilinear Operations*, ca. 1920.
- Kybernetik*, 1960.
- Kybernetiks of Natural Systems* by D. Stanley-Jones, preface, 1960.
- Laplacians and Continuous Linear Functionals*, 1927.
- Lifetime of Learning*, 1943.
- Limit in Terms of Continuous Transformation*, 1922.
- Limitations of Science*, 1935.
- The Limits of Possible and of Reasonable Doubt*, 1911.
- A Linear Method for Determining the Flow of Causality*, 1951.
- Literary Imagination*, undated.
- Logique, Probabilite et Methode des Sciences Physiques*, 1958.
- The Lonely Nationalism of Rudyard Kipling*, 1963.
- The Machine Age*, 1949.
- The Machine as Threat and Promise*, 1953.
- Les Machines a Calculer et la Pensee Humaine*, 1953.
- Machines Smarter than Men?* 1964.
- The Main Ideas of Cybernetics*, ca. 1956.
- Man and the Machine*, 1959.
- Mathematical and Logical Certainty*, [1920-1930].
- The Mathematical Formulation of the Problem of Excitable Elements*, 1946.
- Mathematical Problems of Communication Theory*, 1953.
- Mathematical Relationships of Possible Significance in the Study of Human Leukemia*, 1951.
- The Mathematical Study of Rhythms in the Electroencephalogram*, ca. 1957.
- A Mathematical System of Substitution Cipher*, [1920-1930].
- Mathematics and Art*, 1929.
- Mathematics as a Part of Intellectual History*, 1957.
- Mathematics in American Secondary Schools*, 1935.
- The Mathematics of Self-Organizing Systems*, 1962.
- The Mean of a Functional of Arbitrary Elements*, 1920.
- Measure and Probability*, ca. 1956.
- Measurement of Information*, ca. 1952.
- Mechanique Quantique. See: Distributions Quantiques dans l'Espace...*
- The Magabuck Era: Big Science and Sound Science*, 1958.

- Memorandum on the Mechanical Solution of Partial Differential Equations, ca. 1940.*
- Memorandum on the Scope etc. of a Suggested Computing Machine, 1940.*
- Men, Machines and the World About, 1954.*
- La Mente y la Maquina, ca. 1950.*
- The Method of Autocorrelation in the Study of Electroencephalograms, ca. 1949.*
- A Method of Defining Identity, undated.*
- The Method of Medelian Analysis, ca. 1910.*
- The Method of Postulates in Modern Mathematics, 1916.*
- Une Methode Nouvelle lpour la Demonstration des Theorems de Tauber, 1927.*
- Miracle of the Broom Closet, 1952.*
- Moral Reflection of a Mathematician, 1956.*
- Mr. Lewis and Implication, 1916.*
- Multiple Prediction, 1955.*
- Murder and Mathematics, 1929.*
- The Mutual Influence of Physics and Medicine, 1953.*
- My Connection with Cybernetics -- Its Origins and Its Future, 1958.*
- My Function as a College Professor, 1957.*
- The Nature of Analogy, 1950.*
- The Nature of Communication Engineering. See: A New Concept of Communication Engineering.*
- The Nature of Implication. See: Mr. Lewis and Implication.*
- The Nature of the Goal of Moral Action, [1910-1913].*
- The Need of Interdisciplinary Thinking, 1961.*
- Nets and the Dirichlet Problem, 1923.*
- Eine Neue Formulierung der Quantengesetze fur Periodische und nich Periodisch Borganze, 1926.*
- A New Analysis of Temporal Relations, ca. 1916.*
- A New Concept of Communication Engineering, 1949.*
- A New Deduction of the Gaussian Distribution, 1932.*
- A New Definition of a Class, undated.*
- A New Form of the Statistical Postulate of Quantum Mechanics, 1953.*
- A New Formulation of the Laws of Quantitization for Periodic and A-periodic Phenomena, 1926.*
- A New Method for Solving Integral Equations, 1921.*

- A New Method in Tauberian Theorems, 1928.*
- A New Method in Statistical Mechanics, 1939.*
- A New Theory of Measurement: A Study in the Logic of Mathematics, 1921.*
- Newtonian and Bergsonian Time, 1950.*
- A New Type of Integral Expansion, 1922.*
- A New Vector in Integral Equations, 1921.*
- Nonlinear Prediction, 1959.*
- Nonlinear Prediction and Dynamics, 1955.*
- Nonlinear Problems in Random Theory, 1958.*
- Note on a New Type of Symmability, 1923.*
- Note on a Paper by Professor Daniell, ca. 1920.*
- Note on a Paper of Kaczniarz, ca. 1932.*
- Note on a Paper of M. Banach, 1923.*
- Note on a Paper of O. Perron, 1925.*
- Note on Quasi-Analytic Functions, 1925.*
- A Note on Tauberian Theorems, 1932.*
- Note on the Series Sum ($\# + 1/n$), 1923.*
- Notes of the Theory and Application of Fourier Transforms, 1933.*
- Notes on Polya's and Turan's Hypotheses Concerning Liouville's Factor, 1957.*
- Notes on Random Functions, 1933.*
- Notes on the Kron Theory of Tensors in Electrical Machinery, Abstract, 1936.*
- The Notion of Continuous Transformation in Abstract Sets, ca. 1921.*
- On a Local L^2 -Variant of Ikehara's Theorem, 1956.*
- On a Method of Rearranging the Positive Integers in a Series of Ordinal Numbers Greater than that of any*
- Given Fundamental Sequence of Omegas, 1913.*
- On a New Approach to Quantum Theory, 1953.*
- On a New Definition of Almost Periodic Functions, 1927.*
- On a Theorem of Bochner and Hardy, 1927.*
- On a Theorem of Zygmund, ca. 1933.*
- On Absolutely Convergent Fourier-Stieltjes Transforms, 1938.*
- On an Array with a Singular Spectrum, ca. 1949.*
- On an Article by Dr. Schweitzer, ca. 1914.*
- On Bivariate Stationary Processes and the Factorization of Matrix-Valued Functions, 1959.*

- On Kinds of Magnitude with Definite Maxima, ca. 1915.*
- On Singular Distribution, 1939.*
- On the Elementary Nature of the Prime Number Theorem, undated.*
- On the Ergodic Dynamics of Almost Periodic Systems, 1941.*
- On the Factorization of Matrices, 1955.*
- On the Measurement of Sensory Qualities, ca. 1915.*
- On the Nature of Mathematical Objects, ca. 1923.*
- On the Nature of Mathematical Thinking, 1923.*
- On the Nature of Sensation-Intensities and Qualities, ca. 1915.*
- On the Non-Vanishing of Euler Products, 1957.*
- On the Oscillation of the Derivatives of a Periodic Function, 1942.*
- On the Oscillations of Nonlinear systems, 1964.*
- On the Perturbed Clock, 1957.*
- On the Problem of Designing an Artificial Limb with Action Potential Take-Off, 1961.*
- On the Psychology of Racial Differences, [1910-1913].*
- On the Representation of Functions by Trigonometrical Integrals, 1925.*
- On the Spherically Symmetrical Statistical Field in Einstein's Unified Theory of Electricity and Gravitation, 1929.*
- On the Spherically Symmetrical Statistical Field in Einstein's Unified Theory: a Correction, 1929.*
- On the Technical Development of Automatization and Some of Its Moral Consequences. See: Some Moral and Technical Consequences of Automation.*
- On the Theory of Sets of Points in Terms of Continuous Transformations, 1920.*
- Once More... The Refugee Problem Abroad, 1935.*
- A One-Sided Tauberian Theorem, 1933.*
- The Operational Calculus, 1926.*
- Operationalism - Old and New, 1945.*
- Operations in Complex Algebra Isomorphic with Addition and Multiplication, ca. 1912.*
- Optics and the Theory of Stochastic Processes, 1953.*
- The Origins of Cybernetics, ca. 1956.*
- The Philosophy of Invention, 1954.*
- The Phylogenetic Development of the Brain, ca. 1910.*
- Physical Origins and Applications of Stochastic Theory, 1958.*

The Place of Relations and Terms in Experience, ca. 1912.
The Place of Relations in Knowledge and Reality, 1912.
The Place of Teleology in Science, [1910-1913].
The Postulate-Method and the Map Problem, ca. 1921.
The Prediction Theory of Multivariate Stochastic Processes, 1957.
The Prediction Theory of Multivariate Stochastic Processes, 1958.
Priority, undated.
Un Probleme de Probabilites Denombables, 1924.
Problems of Organization, 1953.
Problems of Sensory Prosthesis, 1951.
Professor's Progress, 1937.
Progress in Biocybernetics, 1964.
Prolegomena to Theology, 1962 (See also: God and Golem, Inc.).
Prologue to "Rossum's Universal Robots," by Karel Capek, 1950.
Pure and Applied Mathematics, ca. 1933.
Pure Patterns in a Natural World, 1956.
Purposeful and Non-Purposeful Behavior, 1950.
Putting Matter to Work, 1933.
The Quadratic Variation of a Function and Its Fourier Coefficients, 1924.
Quantum Mechanics, Haldane, and Leibnitz, 1934.
Quantum Theory and Brownian Motion, 1965.
Quantum Theory and Gravitational Relativity, 1927.
Quantum Theory and Wave Packets, ca. 1956.
Random Functions, 1935.
Random Functions in the Complex Domain, 1934.
Random Theory in Classical Phase Space and Quantum Mechanics, 1963.
Random Time, 1958.
Random Waring's Theorems, 1937.
Randomness and Extrapolation, ca. 1948.
The Rationalism of Descartes, Spinoza and Leibnitz, [1910-1913].
R.E.A.C. Paley, In Memoriam, 1933.
Reason and Sense-Experience in Descartes, 1912.
A Rebellious Scientist After Two years, 1948.
The Relation of Cybernetics to Semantics, 1958.

The Relation of Space and Geometry to Experience, 1922.

The Relations Between Certain Series Observed in the White Mountains, 1911.

Relativism, 1914.

A Relativistic Theory of Quanta, 1927.

Remarks on the Classical Inversion Formula for the LaPlace Integral, 1938.

Reports from Cambridge, 1931.

Reports from Cambridge, 1932.

Responsible Man in the Machine Age, ca. 1950.

Review: Ashby, W. Ross, Design for a Brain, 1953.

Review: Besicovitch, A. S., Almost Periodic Functions, 1932.

Review: Bohr, Harald, Fastperiodische Funcktionen, 1933.

Review: Burlingame, Roger, March of the Iron Men, 1939.

Review of Four Books on Space: Rudolf Carnap's Der Raum: Ein Beitrag zur Wissenschaftslehre; E.

Study's Mathematik und Physik: Eine Erkenntnistheoretische Untersuchung and Die Realistische

Weltansicht und die Lehre vom Raume...; Hermann Weyl's Mathematische Analyse des Raum-Problems..., 1924.

Review: Conant, James B., Modern Science and Modern Man, 1953.

Review: De Donder, T., L'Energetique Deduit de la Mechanique Statistique General, 1940.

Review: Eddington, A., Science and the Unseen World, 1930.

Review: Frank, Philipp, Modern Science and Its Philosophy, 1949.

Review: Fukamiya, M., On Dominated Ergodic Theorems in L_p ($p=L$), 1940.

Review: Fukamiya, M., The Lipschitz Condition of Random Functions, 1940.

Review: George, W., The Scientist in Action, 1939.

Review: Hogben, L., Science for the Citizen, 1938.

Review: Huntington, Edward V., The Continuum and Other Types of Serial Order, 1918.

Review: Infeld, L., Whom the Gods Love: The Story of Evariste Galois, 1948.

Review: Keyser, C.J., The Human Worth of Rigorous Thinking, 1917.

Review: Keyser, Cassius J., Science and Religion: The Rational and the Superrational, 1916.

Review: Lewis, C.I., A Survey of Symbolic Logic, 1920.

Review: Lieber, H.G. and Lieber, L.R., The Education of T.C. Mits: What Modern Mathematics Means to You, 1944.

- Review: Robb, A.A., A Theory of Time and Space, 1916.*
- Review: Shannon, Claude, and Weaver, Warren, The Mathematical Theory of Communication, 1949.*
- Review: Study, E., Denken und Darstellung: Logik und Werte; Dingliches und Menschliches in Mathematik und Naturwissenschaften, 1924.*
- Review: Tiotchmarsh, E.C., The Fourier Integral and Certain of its Applications, 1933.*
- Review: Yockey, H.P., Ed., Symposium on Information Theory in Biology: Perspectives in Biology and Medicine, 1959.*
- Revolt of Machines, 1960.*
- Rhythms in Physiology with Particular Reference to Encephalography, 1957.*
- Rigidity in Learning - Ants and Men, 1960.*
- The Role of Models in Science, 1945.*
- The Role of the Observer, 1936.*
- The Role of the Semigroup in Mathematical Physics, 1950.*
- The Role of the Small Cultural College in Education of the Scientists, 1957.*
- Royalism, in Germany, ca. 1919.*
- Scepticism, 1912.*
- Science and Society, 1961.*
- Science: The Megabuck Era. See: The Megabuck Era; Big Science and Sound Science.*
- A Scientist Reappears - Unfinished Detective Story, ca. 1954.*
- A Scientist Rebels, 1947.*
- Scientists and Decision-Making, 1961.*
- A Scientist's Dilemma in a Materialistic World, 1957.*
- The Second Industrial Revolution and the New Concept of the Machine, 1949.*
- Selected Papers of Norbert Wiener, 1964.*
- Series de Fourier Lacunaires. Theoremes Inverse, 1936.*
- Servo-Mechanisms and the Automatic Factory, ca. 1956.*
- A Set of Postulates for Circular Order, ca. 1921.*
- A Set of Postulates for Fields, 1920.*
- A Set of Postulates for Limit on a Line, ca. 1922.*
- A Set of Postulates for n-Dimensional Analysis situs, ca. 1921.*
- Short-Time and Long-time Planning, 1962.*

- The Shortest Line Deviding an Area in a Given Ratio*, 1915.
- A Simplification of the Logic of Relations*, 1914.
- The Small College*, 1917.
- The Solution of a Difference Equation by Trigonometrical Integrals*, 1925.
- Some Maxims for Biologists and Psychologists*, 1950.
- Some Moral and Technical Consequences of Automation*, 1960.
- Some Physical Analogies in Sociology*, 1950.
- Some Prime-Number Consequences of the Ikehara Theorem*, 1950.
- Some Problems in Sensory Prosynthesis*, 1949.
- Sound Communication with the Deaf*, 1949.
- Space and Geometry*, ca. 1916-17.
- Space and Time*, [1915-1920]
- The Spectrum of an Arbitrary Function*, 1928.
- The Spectrum of an Array and its Application to the Study of the Translation Properties of a Simple Class of Arithmetical Functions*, 1927.
- Speech, Language, and Learning*, 1950.
- A Statistical Analysis of Synaptic Excitation*, ca. 1949.
- The Student Agitator (Is He Accepting Radicalism as an Opiate?)*, 1935.
- Studies in Synthetic Logic*, 1914.
- Suggestions of a Unified Theory of Physics*, 1951.
- Summary of a Paper by Mr. Thomson at the Fourth Meeting of the Seminar*, ca. 1911.
- Sur la Fonctions Indefiniment Derivables sur une Demidroite*, 1947.
- Sur la Prevision Lineaire des Processus Stochastiques Vectoriels a Densite Spectrale Bornee*, I and II, 1958.
- Sur la Theorie de la Prevision Statistique et du Filtrage des Ondes*, 1949.
- Sur la Theorie Relativiste des Quanta*, 1927.
- Sur les Series de Fourier Lacunaires. Theoremes Direct*, 1936.
- Symbolic Logic as an Instrument of Research*, 1915-16.
- Tauberian Theorems*, 1932.
- A Tauberian Gap Theorem of Hardy and Littlewood*, 1936.
- Taylor's Series of Entire Functions of Smooth Growth*, 1937.
- Taylor's Series of Functions of Smooth Growth in the Unit Circle*, 1938.

The Tempter, 1959.
La Teoria de la Extrapolacion Estadistica, 1945.
A Theorem of Carleman, 1935.
The Theory of Ignorance, 1906.
 "Theory of Measurement," in *Differential Space Quantum Theory*, 1956.
The Theory of Prediction, 1956.
Theory of Statistical Extrapolation, 1946.
The Theory of Types, ca. 1914.
Thermodynamics of the Message, 1955.
The Thinking Machine, 1950.
Thought and Meaning, ca. 1920.
Time, Communication and the Nervous System, 1948.
Time and Organization, 1955.
Time and the Science of Organization, 1958.
Time Series, 1949.
Too Big for Private Enterprise, 1950.
Too Damn Close, 1950.
The Total Variation of $g(x+h)-g(x)$, 1933.
A Treatise on Cybernetics, 1952.
A Type of Tauberian Theorem Applying to Fourier Series, 1929.
Über eine Klasse Singularer Integralgleichungen, 1931.
Über Informationstheorie, 1961.
Unconventionality, ca. 1924.
Under the Stone, ca. 1960.
The United States as Mandatory, ca. 1920.
The Use of the Automatic Machine, 1953.
The Use of Statistical Theory in the Study of Turbulence, 1939.
Verrallgemeinerts Trigonometrische Entwicklungen, 1925.
Wave Mechanics in Classical Phase Space, Brownian Motion and Quantum Theory, 1966.
We Can't Attain Truth without Risk of Error, 1953.
What Constitutes a Mathematical System?, ca. 1916.
What is Statistical Mechanics?, ca. 1940.
Who Can Speak for Science?, ca. 1958.
World Politics in the Atomic Age, ca. 1948.