CEFET/RJ
DIRETORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO

CIÊNCIA E ARTE EM UM CONTEXTO HISTÓRICO-CULTURAL: A CULTURA DA QUARTA DIMENSÃO NO INÍCIO DO SÉCULO XX E AS AMPLAS POSSIBILIDADES DE DIÁLOGO ENTRE ARTE E CIÊNCIA EM UMA DISCIPLINA NA LICENCIATURA EM FÍSICA.

Washington Luiz Raposo da Silva

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em ciência, Tecnologia e Educação, do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciência, Tecnologia e Educação.

Orientador: Prof. Dr. José Claudio de Oliveira Reis

Rio de Janeiro
Junho de 2021

CIÊNCIA E ARTE EM UM CONTEXTO HISTÓRICO-CULTURAL: A CULTURA DA QUARTA DIMENSÃO NO INÍCIO DO SÉCULO XX E AS AMPLAS POSSIBILIDADES DE DIÁLOGO ENTRE ARTE E CIÊNCIA EM UMA DISCIPLINA NA LICENCIATURA EM FÍSICA.

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em ciência, Tecnologia e Educação do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, CEFET/RJ, como parte dos requisitos necessários à obtenção do título de Doutor em Ciência, Tecnologia e Educação.

Washington Luiz Raposo da Silva

Banca Examinadora:

José Claudio Reis

Presidente, Prof. Dr. José Claudio de Oliveira Reis (UERJ-CEFET/RJ) (orientador)

Professora Dra. Giselle Faur de Castro Catarino (UERJ-CEFET/RJ)

Professora Dra. Ana Paula Bispo da Silva (UEPB)

Marlon C. Alcantara

Professor Dr. Marlon Cesar de Alcantara (IF SUDESTE MG)

Cristiano B. Moura

Professor Dr. Cristiano Barbosa de Moura (CEFET/RJ)

SUPLENTES

Professora Dra. Andreia Guerra de Moraes (CEFET/RJ)

Professora Dra. Tânia de Oliveira Camel (FIOCRUZ)

Rio de Janeiro

Junho de 2021

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Central do CEFET/RJ

S586 Silva, Washington Luiz Raposo da
Ciência e arte em um contexto histórico-cultural: a cultura da quarta dimensão no início do século XX e as amplas possibilidades de diálogo entre arte e ciência em uma disciplina na licenciatura em Física / Washington Luiz Raposo da Silva – 2021.
231f : il. color. + apêndices , enc.

Tese (Doutorado). Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, 2021.
Bibliografia : f. 223-231
Orientador: José Claudio de Oliveira Reis

1. Física – Estudo e ensino. 2. História da Ciência. 3. História da Arte. 4. Quarta dimensão. 5. Professores – Formação. I. Reis, José Claudio de Oliveira (Orient.). II. Título.

CDD 372.35

Elaborada pelo bibliotecário Leandro Mota de Menezes – CRB/7 nº 5281

Algumas pessoas são fundamentais em nossas vidas.
Umas por, simplesmente, estarem presentes,
simplesmente por estarem aqui quando precisamos delas,
simplesmente por sabermos que elas precisam de nós.
Outras ainda o são, mesmo frente ao fato de não poderem mais estar.
Esta tese é fruto do trabalho de um (filho/marido/pai),
do amor de uma esposa e de uma filha,
da saudade de uma mãe.
A estas três mulheres dedico esta tese.

AGRADECIMENTOS

Meus agradecimentos se direcionam aqueles que contribuíram direta e indiretamente para este trabalho. Todo aquele que afirma ter realizado algo que vale a pena, de forma isolada e sem ajuda de ninguém, na verdade está sendo egoísta, reducionista e anacrônico, sendo mais específico hagiográfico.

Mesmo aquele familiar que permitiu seu estudo silencioso, unicamente ficando em silêncio, aquele que ouviu seus resmungos promovidos pela ansiedade, apenas ficando em silêncio, e te alegrou nos dias difíceis, fazendo muito barulho, contribuiu (e muito) para seu trabalho.

Agradeço muito fortemente a minha esposa Andréa, por todo o incentivo, pela paciência e pelo amor que construímos mutuamente. Agradeço a minha filha Sophia, cujo próprio nome já é um incentivo e inspiração para meus estudos, mas também pela atenção e carinho que me exige e oferta o tempo todo. Este tipo de intervenção, na sequência de trabalho, representou um bálsamo para o cansaço mental que o mesmo promoveu.

Agradeço muito fortemente, em memória, a minha mãe Rute e meu pai Antônio Carlos. Mesmo não estando presentes, em carne, a memória e o espírito perpetuam suas existências. A tristeza passa, felizmente, mas a saudade dos que amamos perdura.

Agradeço muito fortemente a minha avó materna Maria, por sua presença amorosa ao longo de toda minha vida. Mesmo não tendo ideia do que seja um doutorado, pois sou o primeiro a ter uma graduação na família, sempre se orgulhou por ter um neto estudando.

Agradeço fortemente a minha sogra, avó dedicada, que não mede esforços nos cuidados com sua neta. Sem seu auxílio e seus cuidados seria impossível a realização deste trabalho e da execução tranquila das minhas atividades profissionais e as de minha esposa.

Agradeço a meu orientador, Dr. José Claudio Reis, por acreditar em mim e em minhas ideias, por me apontar os caminhos mais favoráveis quando eu não sabia para onde ir, por suas sábias intervenções, quando o caminho que eu havia escolhido não parecia muito frutífero. Agradeço especialmente por todo apoio e compreensão que teve nos momentos difíceis que passei, durante este trabalho.

Agradeço a professora Dra. Andreia Guerra, minha orientadora de mestrado e professora no doutorado, por todo incentivo, todos os ensinamentos, todas as críticas e apontamentos que me ajudaram, mesmo indiretamente, a chegar ao final deste doutorado.

Agradeço também à professora Dra. Giselle Faur de Castro Catarino e aos professores Dr. Cristiano Barbosa de Moura, Dr. Marlon Cesar de Alcantara e Dra. Ana Paula Bispo da Silva por aceitarem participar da banca de avaliação desta tese. Agradeço as contribuições imensamente valiosas direcionadas para o aperfeiçoamento deste trabalho.

Devo ainda agradecer aos amigos do Centro Federal de Educação Tecnológica Celso Suckow da Fonseca, *campus* Nova Friburgo, pelas ideias, incentivos e apoio moral e fraternal em alguns momentos difíceis. Sem amigos verdadeiros, dificilmente conseguimos alcançar certos objetivos. Imagine então escrever uma tese de doutorado, trabalhando em turmas regulares de ensino médio e na graduação, em uma cidade diferente da que resido, enfrentando doenças familiares e, por fim, uma pandemia e o isolamento social. Desta forma, agradeço aos colegas de trabalho e Amigos: Ademilton Luiz Rodrigues de Souza, Bruno Lazarotto Lago, Daniel Gomes Ribeiro, Danielle de Rezende Jorge, Dayanne Fernandes Amaral, Guilherme Guedes de Almeida, Gustavo Antonio Montenegro Guttmann, Leonardo de Sousa Grigório, Leonardo Machado de Moraes, Roberto Cesar Zarco Câmara, Silvana Bezerra de Castro Magalhaes.

Não posso deixar de agradecer à grande equipe de professores e servidores que ajudam a manter o Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação (PPCTE) do Cefet/RJ em alto nível acadêmico.

A ciência pode ser encarada sob dois aspectos diferentes. Ou se olha para ela tal como vem exposta nos livros de ensino, como coisa criada, com o aspecto de um todo harmonioso, onde os capítulos se encadeiam em ordem, sem contradições. Ou se procura acompanhá-la no seu desenvolvimento progressivo, assistir à maneira como foi sendo elaborada, então, o aspecto é totalmente diferente. Descobrem-se hesitações, dúvidas e contradições que só um longo trabalho de reflexão e apuramento conseguem eliminar, para que logo surjam outras hesitações, outras dúvidas, outras contradições. Descobre-se ainda qualquer coisa mais importante e interessante: no primeiro aspecto, a ciência parece bastar-se a si própria, a formação dos conceitos e das teorias parece obedecer só a necessidades interiores; já no segundo, pelo contrário, vê-se toda a influência que o ambiente da vida social exerce sobre a criação da ciência. A ciência, encarada assim, aparece-nos como um organismo vivo, impregnado da condição humana, com as suas forças e as suas fraquezas e subordinado às grandes necessidades do homem na sua luta pelo entendimento e pela libertação; aparece-nos, enfim, como um grande capítulo da vida humana social (CARAÇA, 2000).[1]

[1] Prof. Bento de Jesus Caraça (1901-1948) foi professor de matemática em Portugal e autor de vários artigos e livros sobre Matemática e sobre História da ciência.

RESUMO

CIÊNCIA E ARTE EM UM CONTEXTO HISTÓRICO-CULTURAL: A CULTURA DA QUARTA DIMENSÃO NO INÍCIO DO SÉCULO XX E AS AMPLAS POSSIBILIDADES DE DIÁLOGO ENTRE ARTE E CIÊNCIA EM UMA DISCIPLINA NA LICENCIATURA EM FÍSICA.

No presente trabalho, buscamos estruturar a fundamentação teórica necessária para a construção de uma proposta de ciência e arte para uma disciplina de física. Elegemos o conceito de quarta dimensão como o tema central para discutirmos alguns elementos que dialogaram com este tema o final do século XIX e primeira metade do século XX. Isso por percebermos que o conceito de quarta dimensão se fez presente em diferentes áreas do conhecimento, além da Teoria da Relatividade, mas também na filosofia do hiperespaço, na literatura de ficção científica e nas artes plásticas neste período. Na estruturação da fundamentação teórica, buscamos um conceito de cultura que fosse adequado para nossa proposta, descrevemos nossos princípios/objetivos elementares para tal atividade, levantamos os requisitos didático-pedagógicos e histórico-epistemológicos fundamentais para abordagens que tratem de ciência e arte e tenham como base a perspectiva histórico-cultural que adotamos. Por fim, descrevemos nossas ideias e ponderações para a utilização destas discussões em uma proposta didática para uma disciplina de física e apresentamos, também, algumas questões importantes que poderão ser respondidas com a realização de uma pesquisa de campo, durante a realização desta proposta didática. Assim, convergimos esta tese para a defesa de que a proposta de ciência e arte, em uma perspectiva histórico-cultural, pode representar uma forma significativa de promover uma formação mais abrangente e contextualizada para os alunos de licenciatura em física. Defendemos que a ciência e a arte de determinada época devem ser discutidas em seu contexto cultural original. Entendemos que esta exigência pode contribuir para discussões de Natureza da Ciência, para apresentar a ciência como cultura e ajudar a diluir a visão, ainda persistente, de Duas Culturas.

Palavras-chave: Ciência e Arte, Quarta Dimensão, História da Ciência, História da Arte, Cultura, Ensino de Física.

ABSTRACT

SCIENCE AND ART IN A HISTORICAL-CULTURAL CONTEXT: THE CULTURE OF THE FOURTH DIMENSION AT THE BEGINNING OF THE 20TH CENTURY AND THE WIDE POSSIBILITIES FOR DIALOGUE BETWEEN ART AND SCIENCE IN A DISCIPLINE IN PHYSICS TEACHER EDUCATION.

In the present work, we seek to structure the theoretical foundation necessary for the construction of a science and art proposal for a discipline of physics. We chose the concept of the fourth dimension as the central theme to discuss some elements that dialogued with this theme in the late nineteenth century and first half of the twentieth century. This is because we realize that the concept of the fourth dimension was present in different areas of knowledge, in addition to the Theory of Relativity, but also in the philosophy of hyperspace, in science fiction literature and in the plastic arts in this period. In structuring the theoretical foundation, we sought a concept of culture that was suitable for our proposal, we described our elementary principles/objectives for such activity, we raised the fundamental didactic-pedagogical and historical-epistemological requirements for approaches that deal with science and art and have as basis the cultural-historical perspective that we adopt. Finally, we describe our ideas and considerations for the use of these discussions in a didactic proposal for a physics discipline and we also present some important questions that can be answered by conducting a field research, while carrying out this didactic proposal. Thus, we converged this thesis to the defense that the proposal of science and art, in a cultural-historical perspective, can represent a significant way to promote a more comprehensive and contextualized formation for physics degree students. We argue that the science and art of a given period must be discussed in their original cultural context. We understand that this requirement can contribute to discussions on the Nature of Science, to present science as a culture and help dilute the still persistent vision of Two Cultures.

Keywords: Science and Art, Fourth Dimension, History of Science, History of Art, Culture, Teaching Physics.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 6.1 - Quadrilátero de Saccheri. 97
Figura 6.2 - Possibilidades para o quadrilátero de Saccheri. 98
Figura 6.3 - Possibilidades geométricas, caso a 3ª hipótese se confirmasse. 98
Figura 6.4 - Diagrama para demonstrar a definição de paralelas de Bolyai. 101
Figura 6.5 - Diagrama de Lobachevsky para o paralelismo de linhas. 102
Figura 6.6 - Representação do método desenvolvido por Gauss. 105
Figura 7.1 - Diagrama do *noumenon*. 111
Figura 7.2 - Espiral se movendo perpendicularmente à um plano. 126
Figura 7.3 - Cubos representando a quarta dimensão. 127
Figura 7.4 - Desdobramento de cubo em um plano 134
Figura 7.5 - Placa 30, cubos tridimensionais através do plano. 134
Figura 7.6 - Placa 1, progressão das dimensões. 135
Figura 7.7 - Placa 4, Dimensões no plano; Placa 19, Visão clarividente. 136
Figura 7.8 - Representações do Tesseract para ornamento. 138
Figura 7.9 - Ornamentos inspirados na quarta dimensão. 139
Figura 7.10 - Pôster do Campeonato de Xadrez, Duchamp. 141
Figura 8.1 - Capa do livro *Flatland*. 149
Figura 9.1 - Fotocópia do slide usado na palestra de 1908. 173
Figura 10.1 - Imagem simplista do “hipercubo” quadridimensional. 185
Figura 10.2 - Figuras Regulares em n-dimensons. 185
Figura 10.3 - (a) Octaedros fundamentais; (b) Projeção *cavalieri*. 186
Figura 10.4 - *Portrait of Ambroise Vollard* (1910). Pablo Picasso. 187
Figura 10.5 - *Les Demoiselles d'Avignon* (1907). Pablo Picasso. 188
Figura 10.6 - *La Roche-Guyon* (1909), Braque. 189
Figura 10.7 - Moça com Bandolim (1910), Picasso. 190
Figura 10.8 - O Clarinete, (1913). Braque. 190
Figura 10.9 - Violino e Uvas, (1912). Pablo Picasso. 191
Figura 10.10 - Espelho Falso (1928). Magritte, René. 199
Figura 10.11 - Persistência da Memória (1931). Salvador Dali. 201
Figura 10.12 - Crucificação (Corpus Hypercubus) (1954). Salvador Dali. 202
Figura 10.13 - Galatea das Esferas (1952). Salvador Dali. 203

ÍNDICE DE ILUSTRAÇÕES DOS APÊNDICES

Ilustração B.1 - Ponto de encontro das três alturas de um triângulo. 10
Ilustração B.2 - Triângulo construído sobre a reta AB, dada. 13
Ilustração B.3 - Diagramas das proposições 30, 31 e 33, respectivamente. 16
Ilustração B.4 - Retas A e B cortadas por uma reta C de modo que $\boldsymbol{\alpha + \beta < 180^{\underline{o}}}$. 17
Ilustração B.5 - Linhas A e B que se aproximam continuamente sem se tocarem. 19
Ilustração B.6 - Diagrama da demonstração de Proclus. 20
Ilustração B.7 - Quadrilátero de lados AD e BC de iguais e ângulos $\boldsymbol{A}$ e $\boldsymbol{B}$ iguais. 21
Ilustração D.1 - O Casamento da Virgem, (1504). Rafael Sanzio. 33
Ilustração D.2 - Cristo entrando em Jerusalém, (1308 - 1311). Buoninsegna. 34
Ilustração D.3 - Vocação de São Mateus, (1599 - 1600). Caravaggio. 36
Ilustração D.4 - A Lição de Anatomia do Dr. Tulp, (1632). Rembrandt. 37
Ilustração D.5 - Bonaparte atravessando os Alpes, (1801). Jacques-Louis David. 39
Ilustração D.6 - Naufrágio de um Cargueiro, (1810). William Turner. 41
Ilustração D.7 - Os Fuzilamentos de 3 de maio de 1808, (1814). Goya. 42
Ilustração D.8 - Mulheres Peneirando Trigo, (1854). Gustave Courbet. 44
Ilustração D.9 - O Pensador, (1904). Auguste Rodin. 45
Ilustração D.10 - Torre Eiffel. 1889. 46
Ilustração D.11 - Impressão, nascer do sol, (1872). Claude Monet. 49
Ilustração D.12 - O almoço dos remadores, (1881). Pierre-Auguste Renoir. 50
Ilustração D.13 - Tarde de Domingo na Ilha de Jatte, (1884). Georges Seurat. 52
Ilustração D.14 - *Mont Sainte-Victoire com Large Pine,* (1887). Paul Cézanne. 54
Ilustração D.15 - *Mont Sainte-Victoire,* (1906). Paul Cézanne. 55
Ilustração D.16 - A cesta de maçãs, (1893). Paul Cézanne. 56
Ilustração D.17 - A Noite Estrelada, (1889). Vincent van Gogh. 57
Ilustração D.18 - O Quarto em Arles, (1889). Vincent van Gogh. 58
Ilustração D.19 - De onde vimos? Para onde vamos? Quem somos? (1897). Gauguin. 60
Ilustração D.20 - (a) Desespero (1894); (b) O Grito (1893). Münch. 61
Ilustração D.21 - (a) Ansiedade (1894); (b) Melancolia (1896). Münch. 62

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1.1 - Quantitativo de trabalhos de ciência e arte, por ano de publicação. 28
Tabela 1.2 - Atividades artístico culturais e suas ocorrências na pesquisa. 33
Tabela 1.3 - Atividades artístico culturais e suas ocorrências por ano de evento. 33
Tabela 1.4 - Atividades artístico e artigos da *Ensenãnza de las Ciencias*..... 34
Tabela 1.5 – Classificação sobre abordagens de ciência e arte para este trabalho. 36
Tabela 1.6 - Exemplos das categorias ou parâmetros que elaboramos. 36
Tabela 1.7 - Quantitativo de trabalhos em cada categoria e cada vertente..... 38

SUMÁRIO

Introdução 16

1. Ciência e Arte em Alguns Periódicos e Eventos de Ensino 28

1.1 Ciência e Arte na revista/congresso Enseñanza de las Ciencias 30

1.2 Metodologia utilizada 31

1.3 Análise dos resultados da pesquisa 32

2. Algumas Ponderações Sobre os Conceitos de Cultura 40

2.1 Cultura como uma categoria teórica abstraída da vida social 43

2.2 Cultura como sistema e prática. 46

2.3 Em busca de um conceito minimamente adequado 51

3. Referenciais Para Ciência e Arte em Um Contexto Histórico-cultural 54

3.1 As Duas Culturas e suas pontes 54

3.2 Ciência como parte integrante da cultura 56

3.3 O Espirito de época ou Zeitgeist 59

4. Objetivos/Princípios Norteadores Para Nossa Proposta 61

4.1 Nossa síntese a respeito dos referenciais teóricos discutidos 61

4.2 Objetivos/Princípios norteadores 65

5. Critérios Teóricos para os Recortes Histórico-culturais 74

5.1 Critérios historico-epistemológicos 75

5.1.1 Principais distorções historiográficas presentes nas narrativas históricas 77

5.1.2 Reconhecendo possíveis narrativas distorcidas de HFC 79

5.2 Critérios didático-pedagógicos 80

5.2.1 Processo de Transposição externa 82

5.2.2 Processo de Transposição interna 85

5.3 Como compatibilizar estes critérios 86

5.4 Escolha do tema, da abordagem e do nível educacional 88

5.4.1 Recortes histórico-culturais 90

6. As Geometrias Não-Euclidianas e a Quarta Dimensão 94

6.1 Surgimento das geometrias não-euclidianas. 96

6.2 Geometria diferencial de Gauss 104

7. A Filosofia da Quarta Dimensão (Hiperespaço) 107

7.1 As geometrias e a Filosofia de Kant 108

7.1.1 A filosofia de Kant frente às geometrias não euclidianas 112

7.1.2 A crítica à filosofia da geometria de Kant 114
7.2 Charles Howard Hinton e a filosofia do hiperespaço 120
7.2.1 Filosofia de Hinton 121
7.2.2 A filosofia de Hinton e a ciência do século XIX. 127
7.3 Helena Blavatsky e a teosofia moderna 128
7.3.1 Breve resumo da vida e obra de Helena Blavatsky 129
7.4 Claude Bragdon, a aproximação da teosofia e da filosofia do hiperespaço 132
7.4.1 A filosofia de Bragdon 133
7.4.2 A Quarta dimensão na arquitetura 137
7.4.3 Bragdon e as artes no início do século XX 139
7.5 Peter Ouspensky, o continuador da obra de Hinton 141
7.5.1 Filosofia de Ouspensky 143
7.6 Resumindo sobre a filosofia do hiperespaço 146
8. A Literatura de Ficção Científica e a Quarta Dimensão..... 147
8.1 Edwin Abbott Abbot..... 148
8.2 Lewis Carrol 151
8.3 Charles Howard Hinton 154
8.4 Herbert George Wells 155
8.5 Oscar Wilde 160
8.6 Joseph Conrad e Ford Madox Ford 161
8.7 Concurso Scientific American sob o tema da quarta dimensão 162
8.8 Fiódor Mikhailovitch Dostoiévski 163
8.9 Resumindo sobre ficção científica e a quarta dimensão 164
9. O Espaço-Tempo de Einstein-Minkowski 166
9.1 Alguns aspectos antecedentes e paralelos à Teoria da Relatividade Restrita ... 166
9.2 O espaço-tempo de Hermann Minkowski 169
9.3 Resumindo sobre o espaço-tempo de Einstein-Minkowski 174
10. A Quarta Dimensão e as artes Plásticas 176
10.1 As Vanguardas europeias 179
10.1.1 Cubismo 181
10.1.2 A quarta dimensão e o Cubismo 183
10.1.3 O Cubismo e a Teoria da Relatividade Restrita 195
10.1.4 Surrealismo 197
10.1.5 Surrealismo e a Quarta dimensão 200

10.1.6 Resumindo sobre artes plásticas e a quarta dimensão 205
11. Elementos para uma possível atividade em sala de aula 208
11.1 Sobre a instituição de ensino, o curso de licenciatura e a disciplina 209
11.2 Aspectos gerais dos alunos 210
11.3 Questões que poderiam ser clareadas com uma pesquisa de campo 211
11.4 Sugestões de outros textos que podem contribuir com a proposta 214
CONSIDERAÇÕES 217
REFERÊNCIAS 223
A APÊNDICE A - Artigos pesquisados no Ensenãnza de las Ciencias 1
B APÊNDICE B - A Geometria Grega e Os Elementos de Euclides 8
B.1 Os Elementos e o problemático quinto postulado 9
B.2 Principais tentativas de demonstração do quinto postulado. 18
C APÊNDICE C - As Artes Plásticas: o Espaço e a Forma 23
C.1 Elementos fundamentais: tema, expressão, composição, forma e espaço 23
C.2 Correntes estilísticas básicas das artes plásticas 24
C.3 Correntes filosóficas ligadas à construção do conhecimento 27
D APÊNDICE D - Movimentos Artísticos Anteriores ao Século XX 31
D.1 A arte renascentista 31
D.2 A arte barroca 35
D.3 O Neoclassicismo 38
D.4 O Romantismo 40
D.5 O Realismo 43
D.6 O Impressionismo 47
D.7 O Pós-Impressionismo (Expressionismo) 51
D.7.1 Georges-Pierre Seurat 52
D.7.2 Paul Cézanne 53
D.7.3 Vincent van Gogh 56
D.7.4 Paul Gauguin 59
D.7.5 Edvard Münch 61

Introdução

Nas últimas décadas, a temática de ciência e arte tem sido abordada por diversos pesquisadores de forma cada vez mais profícua. Seja em abordagens mais intrínsecas aos estudos de história da ciência, das artes e da cultura[2] (SHLAIN, 1991; EDGERTON JR, 1993; MILLER, 2001; GALISON, 2005), seja pelo viés educacional (ZANETIC, 1989; REIS, 2002; REIS; GUERRA; BRAGA, 2006; BARBOSA-LIMA; QUEIROZ; SANTIAGO, 2007; GUERRA; REIS; BRAGA, 2013), estes estudos têm se mostrado muito férteis e importantes para uma compreensão mais ampla e contextual da ciência e do ensino de ciências.

Desde finais do século XX, o cenário da educação em ciências vem se modificando e buscando compreender a ciência como atividade sociocultural, afastando-se do utilitarismo positivista das décadas anteriores que defendiam uma ciência "neutra, impessoal, descontextualizada e ahistórica" (OLIVEIRA; QUEIROZ, 2013, p. 12).

Relembrando alguns movimentos oficiais ou institucionais que, de certa forma, iniciaram as propostas de revisão do ensino de ciências, apontamos o Currículo Nacional Britânico de Ciências, lançado por volta de 1988, e o Projeto 2061 da Associação Americana para o Progresso da Ciência (AAAS), de 1989. Em ambas propostas, apesar de não estarem diretamente ligadas, encontramos em comum a necessidade de que o ensino de ciências deveria ser mais contextualizado, mais histórico, filosófico e reflexivo (MATTHEWS, 1995).

Estes projetos educacionais surgiram depois do crescente avanço dos estudos de história da ciência empreendidos por personagens como, por exemplo, James B. Conant, Reitor (*president*) da Universidade de Harvard, por volta da década de 1940. Posteriormente, Gerald Holton e Stephen Brush, Fletcher Watson, James Rutherford e

[2] Para esta tese estamos adotando um conceito de cultura mais flexível e abrangente, conforme defendido por Sewell Jr. (1999) em seu artigo *"The Concept(s) of Culture"*. Para ele, a cultura vem sendo conceituada de duas formas distintas: como simbólica e sistemática, uma categoria ou conjunto de categorias abstraídas da experiência social, ou como prática, de um mundo de crenças e costumes, geralmente empregado para se referir ao mundo concreto. Este último entende cultura como sendo algo equivalente ao entendimento do termo "sociedade". Sewell Jr. (1999) defende uma visão dialética entre estas duas formas de entender cultura. Segundo este autor, o conceito de cultura se mostra muito complexo e bastante relutante ao seu enquadramento em um único e generalizante ponto de vista, seja ele mais estruturante ou relativista. Discutiremos de forma mais pormenorizada estas ideias no capítulo 2.

outros, desenvolveram, por volta das décadas de 60 e 70, o Projeto de Física de Harvard para escolas secundárias (MATTHEWS, 1995). Esse projeto educacional, originalmente chamado de *Project Physics Course*, foi fundamentado em princípios históricos, apresentou bases humanísticas e se mostrou fortemente envolvido com as dimensões culturais e filosóficas da ciência. Este projeto forneceu fortes evidências da eficiência das abordagens de história, filosofia e sociologia da ciência para o ensino, uma vez que sua execução obteve grande sucesso ao reduzir a evasão de estudantes, atrair mulheres para os cursos de ciências, desenvolver o raciocínio crítico e elevar os resultados em avaliações oficiais. No entanto, o *Project Physics Course* começou a entrar em decadência devido aos cortes de financiamento dos cursos de preparação dos professores pelo governo Nixon[3] (OLIVEIRA; JUNIOR, 2008).

No Brasil, os movimentos de reforma educacional começaram a se tornar mais evidentes por volta dos anos de 1990. Uma discussão marcante nesse processo é a busca da integração dos conteúdos em áreas do conhecimento, para uma real modificação na visão sobre a educação e a plena formação do indivíduo. Estes movimentos de renovação se tornaram patentes nos termos da nova Lei de Diretrizes e Bases da Educação, Lei 9394/96, (BRASIL, 1996) e na elaboração dos Parâmetros Curriculares Nacionais (BRASIL, 2000) e Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (BRASIL, 2002). Os PCNs refletem claramente os movimentos internacionais que buscavam um novo entendimento sobre os objetivos educacionais necessários para o pleno exercício da cidadania.

Em termos acadêmicos, muitas vezes antecedendo as propostas de políticas públicas e continuando após elas, novas metodologias de abordagens didáticas vêm sendo desenvolvidas com o intuito de dar conta desses novos objetivos e dimensões para a educação e a nova compreensão de currículo. Assim emergiram as linhas de pesquisa

[3] Richard Milhous Nixon (1913 - 1994) foi o 37º presidente dos Estados Unidos da América. Seu mandato foi de 1969 até 1974, quando renunciou ao cargo devido às diversas acusações que pesavam sobre ele. Além das acusações de corrupção, em meio à crise econômica da época, o escândalo do caso Watergate ameaçava levá-lo ao impeachment. Foi então que ele preferiu renunciar ao seu cargo, tendo em vista que o impeachment traria maiores consequências políticas. O caso Watergate, em poucas palavras, foi a invasão dos escritórios do Partido Democrata americano em Washington, no conjunto de edifícios Watergate, com o intuito de plantar escutas secretas.

voltadas para a educação em CTS[4] (Ciência, Tecnologia e Sociedade), os estudos da História e Filosofia das Ciências e da Natureza da Ciência (NdC), o cognitivismo de Piaget e o de Vygotsky, e outras mais.

De forma geral, o argumento comum a estas abordagens e metodologias, além da defesa de aulas mais interessantes, contextualizadas e significativas para os alunos, é a necessidade da construção de uma visão de ciência mais adequada e menos ingênua do empreendimento científico.

É em meio a esse processo de modificação do entendimento de educação em ciências que localizamos, no Brasil, o trabalho de João Zanetic, do final da década de 1980. Ele trouxe à tona a proposta de um ensino de física no qual a própria física seja vista como parte da cultura humana. Sua proposta é de que a ciência representa um empreendimento humano, histórico e participante de seu contexto social e, assim, faz parte da cultura tanto quanto a literatura e as artes. Segundo ele:

> Quando se comenta sobre cultura, de um modo geral, raramente a física comparece de imediato na argumentação, ou outra representante das ciências naturais dá o ar de sua graça. cultura, quando pensada academicamente ou com finalidades educacionais, é quase sempre evocação de alguma obra literária, alguma grande sinfonia ou pintura famosa; cultura erudita enfim. Tal cultura traz à mente um quadro de Picasso, uma sinfonia de Beethoven, um livro de Dostoievsky, enquanto a cultura popular faz pensar em capoeira, num samba de Noel ou um tango de Gardel. Dificilmente, porém, cultura se liga ao teorema de Gödel ou às equações de Maxwell. (ZANETIC, 1989, p. 96)

No entanto, a ciência é desenvolvida por seres humanos, dentro do contexto histórico-filosófico e cultural a qual estão inseridos e assim, inequivocamente, os cientistas envolvidos comungam de certas concepções comuns aos seus contemporâneos. (ZANETIC, 1989).

O trabalho de Zanetic ganhou muitos adeptos e, dessa época até nossos dias, a visão da ciência como parte da cultura tem sido apoiada por inúmeros trabalhos acadêmicos. Uma vertente de seu trabalho é a proposta de que o ensino das ciências deveria se aproximar das artes e das atividades artísticas. Dessa ideia, vem se

[4] Os estudos em CTS são muito mais abrangentes do que apenas aplicações para o ensino. Aqui, estamos nos restringindo a este segmento voltado para a educação, especialmente no Brasil.

desenvolvendo uma área de pesquisa em ensino de ciências que aborda as relações entre ciência e arte[5]. Nesse sentido, algumas propostas de ensino foram elaboradas ao longo das últimas décadas. Em relação às propostas de ciência e arte, várias formas de atuação nesse viés se apresentam bastante interessantes e frutíferas.

Uma frente de trabalho da temática de ciência e arte é a que entende que os desenvolvimentos artístico-culturais são elementos que agregam valor ao ensino das ciências. Como exemplo, temos o trabalho do Grupo Teknê, cujos integrantes são os professores Andreia Guerra, Marco Braga e José Claudio Reis. Esse grupo teve início por volta da década de 1990 e teve como principal propósito articular o ensino de física com a história e a filosofia da ciência. Contando com diversos livros, artigos e trabalhos, a característica marcante desse grupo é o do entendimento de que a ciência é um elemento inserido na cultura de sua época de desenvolvimento. Dessa forma, as artes e a literatura são formas de representar, dialogar e mesmo intervir nas questões e concepções de mundo de uma determinada época, assim como a ciência o faz. No entanto, cada uma dessas vertentes da cultura apresenta sua própria linguagem e seus próprios pressupostos (GUERRA; REIS; BRAGA, 2013). Na atualidade, estes autores desenvolvem suas pesquisas associadas ao Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação do CEFET-RJ, em parceria com o Instituto de Física da UERJ.

Um outro exemplo de abordagem da temática de ciência e arte que aposta no potencial agregador de valor para o ensino diz respeito a assimilação desta com o objetivo de se discutir questões sociopolíticas (MOREIRA; NASCIMENTO; SOUZA, 2019), socioculturais e étnicas (KUNDLATSCH; SILVEIRA, 2018), afetivas e emocionais (SILVA, 2017). Iremos apontar aqui os trabalhos desenvolvidos pela professora Camila Silveira da Silva, integrante do Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e em Matemática da UFPR e o professor Leonardo Maciel Moreira, integrante do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Química do Instituto de Química da UFRJ (PEQUI-IQ) e no Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Saúde (NUTES-UFRJ).

Continuando nosso levantamento a respeito de ciência e arte para o ensino de ciências, encontramos uma pesquisa onde Figueira-Oliveira *et al.* (2007) citam algumas

[5] A rigor, ainda não há um conjunto teórico convergente nas abordagens de ciência e arte. Não se estabeleceu, ainda, um grupo de reflexões críticas comuns às propostas que seguem esta direção e que possam nortear, com clareza, as pesquisas com esta proposta.

atividades de ciência e arte no espectro de algumas instituições. Como primeiro exemplo eles citam o Núcleo de Educação em Ciência do Instituto de Bioquímica Médica da Universidade Federal do Rio de Janeiro (UFRJ), com atividades variadas nesse sentido, desde 1988, ano a partir do qual foram realizadas peças teatrais, elaborados materiais didáticos, textos, artigos e vídeos. Esta iniciativa acabou conduzindo a formação do Programa de Educação, Difusão e Gestão em Biociências da Pós-graduação em Química Biológica da UFRJ (CARMO, 2005). Na área da física, Figueira-Oliveira *et al.* (2007) citam o professor Ildeu Moreira como um articulador da interação da ciência e literatura, com uma proposta de "poesia na sala de aula de ciências", produzindo diversas publicações nessa direção. Por fim eles citam o trabalho do Instituto Oswaldo Cruz (Rio de Janeiro) na qual as convergências e antagonismos do binômio ciência e arte vem sendo explorados desde a década de 1980, com numerosos trabalhos sob essa perspectiva (FIGUEIRA-OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Ainda segundo Figueira-Oliveira *et al.* (2007), no ano 2000 foram criados os Cursos Bianuais de Ciência e Arte, oferecidos em dois módulos diferentes do Programa de Educação Científica em Biologia e Saúde que, atualmente, se tornou o Programa de Pós-graduação em Ensino em Biociências e Saúde (lato e stricto sensu). Há ainda os grupos teatrais: Ciência em Cena, Estação Ciência, Arte e Ciência no Palco, que articulam a ciência e o teatro. Estas atividades apresentadas, em geral, estão ligadas a um entendimento de que as atividades artístico-culturais podem representar ótimas estratégias pedagógicas para o ensino das ciências (FIGUEIRA-OLIVEIRA *et al.*, 2007).

Como este trabalho versa sobre ciência e arte, mas em um foco histórico-cultural, se faz importante levantar também alguns grupos que abordam a ciência e o ensino de ciências focado na visão histórica, filosófica e cultural. Dentre os grupos e instituições que trabalham com esta temática temos o "Grupo de História e Teoria da Ciência" (GHTC), que foi criado em 1991 pelo professor Roberto de Andrade Martins, do Instituto de Física "Gleb Wataghin" da Unicamp. Este grupo, inicialmente, se destinava mais diretamente aos estudos voltados para a História e Filosofia da Ciência (HFC). Em 2010, o grupo passou para a USP sob a coordenação de Cibelle Celestino Silva, do Instituto de Física da USP de São Carlos. Com o tempo, este grupo passou a produzir trabalhos que também dialogavam com o ensino das ciências. Podemos ainda mencionar a professora Ana Paula Bispo da Silva, do "Grupo de História das Ciências", associado ao Mestrado

Profissional em Ensino de Ciências e Matemática da UEPB, atuante desde 2007. Temos também o “Grupo História das Ciências na Educação Científica”, ligada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PECMA), da UNIFESP, de onde podemos citar a professora Thaís Cyrino de Mello Forato.

Juntamente com o já citado Programa de Pós-graduação em Ciência, Tecnologia e Educação do CEFET-RJ e o Instituto de Física da UERJ, esses últimos programas de pós-graduação citados, ligados à História e Filosofia da Ciência, vêm mantendo contato entre si e desenvolvendo alguns trabalhos em colaboração mútua. Desses programas, grupos e de suas parcerias, um número significativo de trabalhos ligados ao contexto histórico e filosófico do empreendimento científico vem sendo produzido. No entanto, é digno de nota que o Grupo Teknê e o Programa de Pós-graduação do CEFET-RJ apresentam maior conexão com o viés de ciência e arte e com sua abordagem dentro de um contexto de HFC que os demais grupos.

Como ficará mais claro no capítulo 1 desta tese, identificamos duas formas de abordar as temáticas de ciência e arte no ensino de ciências: (I) uma delas se utiliza da arte e da cultura como ferramenta didática para facilitar ou aprofundar o ensino das ciências; (II) a outra é aquela em que arte, ciência e cultura fazem parte da prática pedagógica de forma profunda e integrada. É nesse último segmento que nos inserimos com a proposta de ciência e arte em um contexto histórico-cultural.

Na primeira forma de abordagem, conforme pudemos constatar ao realizar a pesquisa bibliográfica que apresentaremos no capítulo 1, as atividades artísticas têm se mostrado bastante eficazes como elementos lúdicos, de motivação ou de contextualização para o ensino dos conteúdos curriculares de ciências. Já na segunda forma de abordagem, as atividades artísticas ganham espaço dentro das discussões científicas e contribuem para discussões mais amplas, de contexto histórico-cultural, de discussões sociopolíticas e socioculturais e mesmo para tratar das vivências, anseios e relações interpessoais dos estudantes e grupos sociais.

No presente trabalho, defendemos a efetividade das abordagens pedagógicas que entendam a relação ciência e arte como um propósito didático mais profundo e mais integrado. Em Nossa tese, as artes plásticas, a literatura, as ciências e demais elementos da cultura devem ser abordados nas aulas de ciências, mas, em nosso caso específico,

defendemos a importância destas discussões ocorrerem dentro de uma contextualização histórica.

Esse tipo de abordagem, além de favorecer a compreensão dos conhecimentos científicos e da própria ciência, pode ajudar na compreensão da Natureza da Ciência (NdC) e do complexo imbricamento desta com a cultura, de forma mais ampla. Além disso, entendemos que os processos e caminhos da própria arte possam fazer parte da vida e do interesse desses alunos que, por diversos fatores, na maioria das vezes não têm a oportunidade ou a motivação para se aproximarem do mundo das artes e das ciências. Entendemos, assim, que esse diálogo mais amplo e complexo tem potencial para ampliar culturalmente a formação e expandir o horizonte intelectual desses alunos.

Com esta tese em mente, uma questão fundamental veio direcionar o presente trabalho. *"Quais elementos e critérios são importantes e necessários para que consigamos promover uma visão histórico-cultural [6] da ciência em uma disciplina do curso de licenciatura em física?"*

Esta questão nos parece muito significativa, uma vez que pretendemos defender que o ensino de ciências precisa apresentar a ciência como um elemento participante do contexto cultural de seu tempo. Na mesma medida, acreditamos que as aulas de ciências possam promover debates científicos, históricos, artísticos e culturais que contribuam para uma maior bagagem intelectual dos licenciandos em física.

Tal importância que atribuímos a questão da formação cultural mais ampla se deve ao fato de estarmos completamente de acordo com uma das defesas de Zanetic (1989) que, em sua tese de doutorado, explicita que:

> As licenciaturas em física, ao lado das disciplinas formadoras específicas nos vários ramos da física, têm que se preocupar com a formação cultural em física do futuro professor. E isso inclui a proposta da história da física (internalista e externalista), da discussão em torno das metodologias que passam pela análise filosófica/epistemológica e da possibilidade de oferecer a física como cultura. (ZANETIC, 1989, p. 131)

[6] Faz-se necessário explicitar que, ao utilizarmos o termo "histórico-cultural" nesse trabalho, não estamos tratando dos estudos de História Cultural, ou Nova História Cultural (BURKE, 2008). A História Cultural, da qual Burke (2008) é um reconhecido representante, está mais voltada às práticas cotidianas, às análises historiográficas focadas na história de hábitos e costumes e, ainda, na história de culturas populares (BURKE, 2008).

Partindo desse parágrafo da tese de Zanetic (1989), entendemos que os formandos em física de maneira geral, bacharéis e licenciados, deveriam gozar de uma formação realmente universal dos conhecimentos desenvolvidos pela humanidade. Dessa forma, defendemos que os alunos das disciplinas científicas precisam vivenciar um processo de formação que abranja diversos aspectos da cultura. Para o caso dos licenciandos isso é de fundamental importância para sua formação como futuros professores. Ter uma formação ampla sobre diversos aspectos culturais os tornariam mais suscetíveis e preparados para lidar com o trabalho criativo que deve ser o fazer educacional.

Para delinear melhor nosso trabalho, buscando dar conta da nossa questão de tese, desmembramos as ideias ali presentes em três subquestões que nos ajudassem mais objetivamente na busca por referências, estudos e análises teóricas.

1ª - *Que critérios são fundamentais para a estruturação de uma proposta didática que verse sobre o conceito de quarta dimensão, de forma científica, histórica e cultural, respeitando os conhecimentos próprios destas áreas e as necessidades didático-pedagógicas?*

2ª - *Quais textos poderiam ser utilizados nesta proposta, seja pelo professor que for levar a frente as ideias presentes nesta tese, seja pelos alunos da disciplina envolvida nestas discussões?*

3ª - *Como poderia ser conduzida tal proposta?*

Com estas questões em mente, partimos para a produção desta tese. Assim, nas próximas páginas pretendemos delinear estas ideias.

Conforme discutiremos no capítulo 1, a temática de ciência e arte já vêm aparecendo há algumas décadas. No entanto, vale ressaltar que boa parte dos trabalhos se voltam para a mesma de forma utilitarista. Abordam, assim, as artes e a cultura como artefato pedagógico ou metodologia de ensino. Uma quantidade razoável desses trabalhos amplia o escopo das práticas de ciência e arte, abordando temas e adotando direcionamentos que transcendem os conteúdos curriculares, no entanto, pudemos perceber como são poucos os trabalhos que buscam a contextualização desta relação entre ciência e arte em seu aspecto histórico-cultural.

Apresentaremos então, no capítulo 1, alguns dados bibliográficos a respeito da temática de ciência e arte em revistas de ensino e em dois encontros nacionais voltados para o ensino. Além disso, apresentaremos os dados de uma pesquisa na revista/congresso

da *Enseñanza de las Ciencias*, sediada na Espanha. Esta pesquisa, juntamente com os trabalhos de três outras pesquisas bibliográficas encontradas, nos ajudou a ter uma amostra das tendências dessa área.

No capítulo 2 apresentaremos algumas ponderações a respeito dos entendimentos de cultura que foram desenvolvidos ao longo das décadas, seja pelo viés antropológico ou pelo viés sociológico. Neste capítulo traremos dois pensadores, um da antropologia e outro da História Cultural, que elaboraram suas análises particulares a respeito das formas como os estudiosos têm teorizado a cultura.

No capítulo 3 discutiremos melhor os referenciais teóricos que embasam nossa proposta de ciência e arte, em um contexto histórico-cultural. Neste capítulo iremos, também, definir o conceito hegeliano de "espírito de época", *Zeitgeist*. A ideia de um *Zeitgeist* representa um importante conceito em nossas discussões, com respeito ao entendimento da ciência como parte integrante da cultura.

No capítulo 4 faremos uma síntese de nossas ponderações a respeito dos referenciais teóricos apresentados, possibilitando assim a elaboração dos nossos critérios norteadores para esta tese. Neste capítulo apresentaremos nossos objetivos/princípios norteadores para nossa proposta.

No capítulo 5 discutiremos os critérios historiográficos e de Transposição Didática necessários para a criação das narrativas históricas que realizamos. Também apresentaremos nossos apontamentos com relação a produção dos textos histórico-culturais para a proposta desta tese.

Em nosso entendimento, o capítulo 4 e o capítulo 5 representam nossas respostas para a primeira (1ª) subquestão de tese que levantamos.

Os capítulos que se seguem a este embasam, científico, histórico e culturalmente nossos argumentos sobre as conexões histórico-culturais entre ciência e arte e o nosso entendimento de que o conceito de quarta dimensão representa uma espécie de "espírito de época", *Zeitgeist*.

Começaremos as discussões histórico-culturais pelo capítulo 6, onde apresentaremos linhas gerais da geometria de Euclides, discutiremos o problemático quinto postulado, postulado das paralelas, e apresentaremos as principais discussões que conduziram à elaboração das geometrias não-euclidianas. O desenvolvimento destas

geometrias e o das geometrias n-dimensionais provocaram verdadeiras "revoluções" conceituais e filosóficas para as gerações posteriores.

No capítulo 7, apresentaremos as discussões históricas e filosóficas relacionadas ao desenvolvimento do conceito de quarta dimensão, assunto importante para o estudo das Teorias da Relatividade, assim como sua controversa definição espacial, extrassensorial, da época[7]. Neste capítulo apresentaremos as principais discussões a respeito da chamada Filosofia do Hiperespaço e seus principais personagens.

No capítulo 8, discutiremos as implicações da quarta dimensão no desenvolvimento da literatura de ficção científica da época, tendo como um dos exemplos o nome de H.G. Wells e seu livro "A Máquina do Tempo". Este escritor é um dos representantes de um "movimento" literário do século XIX que teve grande importância na divulgação científica desse período. A literatura de ficção científica do século XIX é muito valiosa para a compreensão de como o público intelectual da época, porém não científico, entendia temas como espaço, tempo e quarta dimensão. Esta discussão também pode facilitar o entendimento das relações entre a Relatividade de Albert Einstein (1879 - 1955) e o contexto cultural da época.

No capítulo 9, apresentaremos as linhas gerais do conceito de espaço-tempo e o conceito de quarta dimensão elaborado por Einstein-Minkowski e discutiremos algumas implicações filosófico-culturais desse empreendimento.

No capítulo 10, dando sequência aos elementos culturais da nossa proposta, exporemos e discutiremos as implicações do conceito de quarta dimensão nas criações artísticas do início do século XX, tendo as Vanguardas Europeias como grandes representantes.

Os capítulos mencionados, de 6 até 10, representam a base histórico-cultural que corrobora com nossa visão de uma ciência inserida em seu tempo e em sua cultura. Eles também reforçam a coerência da ideia de *Zeitgeist* e do imbricamento que, por vezes, se mostram patentes nas diferentes áreas do conhecimento. Nesses textos, buscamos atender aos nossos objetivos didáticos, apresentados no capítulo 4 e respeitar os critérios didático-

[7] A definição de que a quarta dimensão é o tempo só se tornou popular após o nome de Einstein se tornar mundialmente famoso, por volta de 1919.

pedagógicos e histórico-epistemológicos, discutidos no capítulo 5. Desta forma, estes capítulos representam nossa resposta para a segunda (2ª) subquestão que levantamos.

Estes textos serão apontados, no capítulo 11, como possíveis textos de referência e leitura para professores e, talvez, até mesmo para utilização direta com estudantes de graduação. Os mesmos poderão servir de base para a elaboração de sínteses que servirão de material didático para diferentes níveis educacionais.

Vale ressaltar que os assuntos abordados nos capítulos 6, 7 e 9 foram sintetizados em um artigo publicado, em agosto de 2020, no Caderno Brasileiro de Ensino de Física.[8] Acreditamos que este nosso artigo seja um bom exemplo de uma síntese, de alguns dos temas que discutimos aqui, que possa ser usado diretamente como material didático de parte do assunto que tratamos. Nesse artigo, apresentamos muito rapidamente o problema do quinto postulado de Euclides e tratamos suscintamente das contribuições que conduziram às geometrias não-euclidianas, referentes ao atual capítulo 6. Fizemos um resumo dos acontecimentos históricos que antecederam a elaboração da Teoria da Relatividade Restrita e apresentamos resumidamente a contribuição de Minkowski a respeito da quarta dimensão e do espaço-tempo, correspondentes ao capítulo 9. Continuamos o artigo apresentando um resumo da Filosofia do Hiperespaço e sua visão espacial da quarta dimensão, referente ao capítulo 7. Finalizamos o artigo apresentando um esboço teórico de uma proposta didática que tínhamos a pretensão de lapidar e apresentar, no capítulo 11, como sugestão de encaminhamento para uma atividade de sala de aula.

Devemos esclarecer que tínhamos a intenção de construir e aplicar uma proposta pedagógica em turmas regulares de graduação e apresentar aqui seus resultados, no entanto, esbarramos com a problemática apresentada pelo afastamento social decorrente da pandemia de COVID-19, entre março de 2020 até a presente data. Isso nos fez desviar das nossas intenções de elaboração e realização de tal proposta didática. Decidimos, assim, nos determos nas bases teóricas para a proposta, na produção dos textos histórico-

[8] RAPOSO, Washington Luiz; REIS, José Claudio. A Cultura da Quarta Dimensão no Final do Século XIX e Início do Século XX: Um conceito para além do espaço-tempo de Einstein-Minkowski. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 37, n. 2, p. 494-530, ago. 2020. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2020v37n2p494/43904>. Acesso em: 12/08/2020.

culturais e nos restringirmos a apenas apontar sugestões e possíveis direcionamentos para uma futura prática de sala de aula.

Por fim, como mencionado, apresentaremos no capítulo 11 algumas ponderações que poderiam ser úteis para futuras utilizações dos estudos aqui realizados em uma disciplina regular de graduação ou mesmo para o ensino médio, mediante as necessárias adaptações. Não pretendemos apresentar todo um cronograma de trabalho, mas apenas alguns direcionamentos que nos foram ficando claros com a experiência e o estudo teórico para a produção desta tese. Desta forma, entendemos que o capítulo 11 vem responder a terceira (3ª) subquestão de nossa tese.

Achamos importante também mencionar os apêndices nesta introdução, uma vez que tentamos tratar de uma variedade de assuntos que, em geral, não são de domínio de professores e pesquisadores em ensino de ciências. Como buscamos apresentar uma proposta que permeia a ciência e as artes, entendemos que podem ser úteis algumas discussões a respeito de alguns períodos que não correspondem ao nosso recorte cronológico, final do século XIX e primeira metade do século XX, e algumas ponderações sobre o universo da arte. Desta forma, elaboramos alguns apêndices que poderão ajudar ao leitor desta tese em alguns pré-requisitos aos assuntos que procuramos abordar.

No apêndice **A** colocamos as referências de todos os artigos que pesquisamos na revista/congresso de *Enseñanza de las Ciencias.* Esses artigos foram numerados para facilitar as citações dos mesmos nas tabelas presentes no corpo da tese.

No apêndice **B** apresentamos um aprofundamento histórico a respeito da Geometria de Euclides, seu livro “Os Elementos” e alguns aspectos históricos relacionados à geometria na Grécia.

No apêndice **C** discutimos alguns elementos teóricos ligados às artes plásticas, como o entendimento artístico para espaço e forma, além de outras discussões relevantes.

Finalizando pelo apêndice **D**, apresentamos de forma resumida os principais movimentos das artes plásticas que antecederam as Vanguardas europeias. Não se trata de um aprofundado estudo de cada movimento, pretendemos apenas apresentar as linhas gerais dos mesmos, da renascença até os expressionistas, para ambientar o leitor com as questões e indagações que, de alguma forma, se refletem ou são confrontadas pelas Vanguardas.

1. Ciência e Arte em Alguns Periódicos e Eventos de Ensino

Os estudos que relacionam a ciência e a arte ao ensino têm estado presentes em trabalhos acadêmicos nacionais desde a década de 1980, conforme pode ser visto na Tabela 1.1, no entanto ainda representam uma parcela pequena dos trabalhos em ensino de ciências. Contando com uma variedade de trabalhos e publicações e diferentes formas de aplicação, a temática de ciência e arte começa a compor uma área de pesquisa e não só uma forma de abordagem para as disciplinas das ciências. Entretanto, como apontam Silva, Silva e Reis (2018), Silva, Reis e Rego (2019) e, também, Silva (2019), o número de trabalhos nos periódicos mais populares de ensino de física ainda é relativamente pequeno, quando comparado com outras abordagens e propostas dessas revistas.

Tabela 1.1 - Quantitativo de trabalhos de ciência e arte, por ano de publicação.

Anos	Revistas (SILVA, 2019)	Revistas (SILVA; SILVA; REIS, 2018) (SILVA; REIS; REGO, 2019)	Eventos e congressos (SILVA; REIS; REGO, 2019)	Totais
1980	3			3
1985	3			3
1997	1			1
1999	1	1		2
2005			3	3
2006	1			1
2007	1	2		3
2008	1			1
2009	2	1	1	4
2011	1	1	1	3
2012	1			1
2013	1		3	4
2015	2		2	4
2016	1	2		3
2017	1	2	1	4
2018	1			1
Totais	21	9	11	41

Fonte: Dos próprios autores, com base em Silva (2019); Silva; Silva; Reis (2018) e Silva; Reis; Rego (2019).

Lembrando que nosso foco ao analisar estes artigos é bem específico, buscamos identificar a ocorrência de trabalhos que tratam ciência e arte com um viés histórico. Procuramos nessas pesquisas bibliográficas citadas, informações que apontam neste sentido.

Em uma análise feita por Silva, Silva e Reis (2018) que buscou trabalhos que versassem sobre ciência e arte, especificamente relacionadas ao ensino de física moderna, foi possível perceber que, nas revistas pesquisadas[9] por eles, não são muitos os trabalhos encontrados. Essa pesquisa abrangeu artigos publicados entre 1999 até o final do ano de 2017. Eles encontraram 9 artigos que dialogam com ciência e arte. Vale ressaltar que tal pesquisa foi realizada em 12 revistas brasileiras de ensino, o que mostra como ainda é pequena a presença da temática em questão.

Ainda nesse trabalho, percebemos que somente 2 dos 9 artigos encontrados por Silva, Silva e Reis (2018) tratam da relação de ciência e arte em um enfoque histórico-cultural. Todos os demais trabalhos tratam de ciência e arte como temática para discussões variadas, como cultura local, problemas sociais, relações interpessoais etc., ou como artefato didático, como facilitador para o aprendizado e como motivador para os alunos. Ou seja, poucos artigos apresentam essa relação de forma contextualizada e exploram as potencialidades histórico-culturais de tal temática.

Em um trabalho semelhante realizado sobre os anais do Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências (ENPEC), englobando os anos de 2011 até 2017, e do Simpósio Nacional de Ensino de Física (SNEF), entre os anos de 2005 e 2015, Silva, Reis e Rego (2019) nos apresentam 11 trabalhos que versam sobre a temática ciência e arte para o ensino de física moderna. Vale notar que, dos 11 trabalhos, somente um deles era do ENPEC.

Os trabalhos nas revistas (9) e nos encontros (11) que tratam de propostas ou aplicações voltadas para a graduação em física somaram 7 ocorrências, contra 13 trabalhos voltados para o esino médio. E mais, desses 20 trabalhos, apenas 3 deles

[9] Os periódicos pesquisados nesse trabalho foram: Ciência & Educação; Investigações em Ensino de Ciências; Ensaio: Pesquisa em Educação em Ciências; Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências; Experiências em Ensino de Ciências; Alexandria: Revista de Educação em Ciência e Tecnologia; Ciência e Ensino; Caderno Brasileiro de Ensino de Física; Ensino & Pesquisa; Ciência em Tela; Revista de Educação, Ciências e Matemática; Revista Brasileira de Ensino de Física. (SILVA; SILVA; REIS, 2018)

apresentam experiencias pedagógicas, todos os outros são trabalhos teóricos (SILVA; SILVA; REIS, 2018; SILVA; REIS; REGO, 2019).

Estes dois trabalhos reforçam que a maioria das propostas apresentam a produção artística como um recurso facilitador no ensino de conteúdos de física ou como um meio de abordar temas sociais, políticos e relacionais nas aulas de ciências. Nas duas pesquisas, somam-se apenas 3 artigos que apresentam relações mais contextualizadas de forma histórico-cultural. Vale ressaltar que estes dois trabalhos pesquisaram apenas os temas voltados para física moderna, o que reduz a população geral da pesquisa, mas já nos dão uma possível amostra do quadro geral.

Em outro trabalho de pesquisa sobre a relação ciência e arte no ensino de física, agora de forma mais geral, realizado sobre a Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF), Silva (2019) aponta resultados não muito diferentes. Esta pesquisa englobou todos os artigos da revista até o ano de 2018 e, segundo a autora, de aproximadamente 1500 artigos catalogados no site da RBEF, 21 deles tratam desta temática. Entretanto, somente 2 artigos apresentam propostas que não colocam às artes em um papel secundário, como ferramenta didática ou como meio de promover debates variados. Somente 1 deles trata a relação ciência e arte de uma forma histórico-contextual (SILVA, 2019). De acordo com as considerações deste mesmo autor, tal ocorrência pode ser devido ao caráter mais ortodoxo da revista, que apresenta em sua maioria artigos com temas e propostas mais "internalistas" à própria física.

1.1 Ciência e Arte na revista/congresso Enseñanza de las Ciencias

Para ampliar o quadro de levantamento bibliográfico aqui exposto decidimos realizar uma pesquisa bibliográfica sobre a revista e o congresso internacional de *Enseñanza de las Ciencias*, tendo em vista que um número significativo de pesquisadores brasileiros, periodicamente, submete seus trabalhos a este congresso.

Esta pesquisa foi desenvolvida sobre a versão digital da revista *Enseñanza de las Ciencias*, abrangendo os artigos da revista e os trabalhos apresentados nos congressos promovidos pela mesma. Tanto o congresso como a revista são voltados para professores e pesquisadores no campo da didática das ciências e da matemática. Ambos recebem

trabalhos com alto rigor metodológico e de fundamentação científica, objetivando contribuir para o progresso do conhecimento nessa área.

Segundo informações do site oficial, a revista foi publicada no formato impresso entre os anos de 1983 e 2014. A edição eletrônica da revista foi aberta no ano de 2010 e seguiu juntamente com o formato impresso por cinco anos, até que, a partir de 2015, a revista passou a ser publicada exclusivamente em formato digital e gratuito.

Os congressos realizados pela revista ocorreram com intervalos de dois anos, nos anos de 1985 e 1989, depois passaram a ocorrer com intervalo de quatro anos. As edições do congresso ocorreram, em ordem decrescente de datas, nos anos de 2017, 2013, 2009, 2005, 2001, 1997, 1993, 1989, 1987 e 1985.

1.2 Metodologia utilizada

A busca foi realizada no site depositório da revista, onde ficam todos os arquivos do congresso e artigos relacionados a revista *Enseñanza de las Ciencias*. Se trata do *Dipòsit Digital De Documensts De La UAB (Universitat Autònoma de Barcelona)*[10]. No site depositório da revista, todos os trabalhos publicados, desde 1985, podem ser encontrados e esta foi a abrangência da nossa pesquisa.

A pesquisa foi realizada através do buscador do próprio site depositório. Utilizando a opção *"fulltext"*, buscamos por artigos que apresentassem em seus textos completos as palavras "arte" e/ou "cultura".

Iniciamos pela busca de artigos pela palavra "arte" com a opção "*fulltext*" do buscador. Obtivemos assim o retorno de 283 artigos. Para melhorar os dados, aplicamos o filtro avançado do buscador. Utilizamos a opção em que a palavra "arte" aparece no texto somada a opção "*and not*", para excluir as possibilidades do termo "estado da arte". Reduzindo, assim, para 132 artigos. Em seguida buscamos pela palavra "cultura", na opção de "*fulltext*". Tivemos o retorno de 1429 artigos. Aplicando o mesmo filtro para o termo "estado da arte", restaram 1350 artigos. Feito isso, colocamos ambos os resultados em uma planilha eletrônica, Excel, para facilitar quantificações e levantamentos

[10] *Endereço do depositório:* <https://ddd.uab.cat/record/18>. *Acessado em 03/11/2019.*

posteriores, somando assim 1482 artigos. Utilizamos, então, o filtro do Excel para retirar os artigos repetidos. Passamos então a trabalhar com 1325 artigos.

A partir desse ponto, realizamos a leitura dos títulos dos artigos e eliminamos todos os que não apresentavam nenhuma relação com qualquer termo ligado as artes: como arte, teatro, cinema, literatura, o nome de um artista etc. Esta ação foi necessária por termos percebido que o buscador do site também considerou palavras em que o termo "arte" aparecia como parte de palavras maiores. Podemos citar como exemplos, as palavras p**arte**, **arte**sanal, **arte**fato e até mesmo uma autora, chamada **Arte**mísia, no qual o trabalho não dialogava com essa temática. Chegamos então a 208 artigos.

Outra constatação foi o do uso generalizado da palavra "cultura" por muitos autores. Em diversos artigos o termo aparece de forma bastante genérica e que, na prática, nada agregava a proposta desses trabalhos.

1.3 Análise dos resultados da pesquisa

Após o processo de leitura dos 208 resumos, chegamos a 66 artigos que se relacionavam com nossa proposta.

Para parametrizarmos os dados em algumas frentes mais específicas das abordagens artísticas, adotamos como referência os termos utilizados por Silva, Reis e Rego (2019). Em seu trabalho, eles utilizaram termos relevantes para as práticas artísticas como: arte, cinema, filme, vídeo, cultura, dança, performance, história em quadrinhos, literatura, música, pintura, poesia e teatro. A utilização dos mesmos termos utilizados por estes autores citados foi devido a nossa intenção de buscar alguma uniformidade com suas pesquisas, discutidas anteriormente, e a nossa pesquisa na Revista/Congresso do Ensenãnza de las Ciencias. Filtrando estes 66 trabalhos e parametrizando os mesmos pela ocorrência desses termos no título, no resumo ou em ambos, chegamos aos resultados da Tabela 1.2, representada logo a seguir.

Como podemos observar, a soma total do número de artigos da Tabela 1.2 resulta em 74 artigos, e não 66. Isso porque alguns artigos se enquadraram em mais de uma das atividades parametrizadas, ou seja, alguns dos termos que utilizamos aparecem juntos em alguns títulos ou em alguns resumos. Como exemplo podemos citar o artigo "Física e Arte: uma proposta para a compreensão cultural da ciência" (GUERRA; BRAGA; REIS,

2009). Neste artigo, dois termos que utilizamos como parâmetros diferentes aparecem no seu título. Outro exemplo é o trabalho “Oxigênio: uma experiência educacional de história e filosofia da ciência no teatro” (MEDINA; BRAGA, 2009). Nesse artigo temos o termo “teatro” no título, mas no resumo aparece o termo “arte”, assim sendo o mesmo foi contado nos dois parâmetros mencionados.

Tabela 1.2 - Atividades artístico culturais e suas ocorrências na pesquisa.

Produção Artística	Quantidade de artigos
Arte	14
Cinema, Filme, Vídeo	14
Cultura	24
Dança, Performance	1
História Em Quadrinhos	7
Literatura	3
Música	2
Pintura	0
Poesia	1
Teatro	8
Total	74

Fonte: Dos próprios autores, com base em Silva; Reis; Rego (2019).

Outra observação importante que realizamos foi a quantidade de artigos que aparecem, com esta temática, por ano de ocorrência das publicações e congressos.

Tabela 1.3 - Atividades artístico culturais e suas ocorrências por ano de evento.

Anos	Quantidade de artigos
1995	1
1997	1
2000	1
2005	5
2007	1
2009	15
2010	1
2012	1
2013	14
2014	1
2015	1
2017	24
total	66

Fonte: Dos próprios autores.

Podemos perceber, pela Tabela 1.3, que nos anos em que ocorrem o congresso de *Ensenãnza de las Ciencias* o número de trabalhos que abordam a temática de ciência e

arte aumenta significativamente, exceto no ano de 1997 (1 trabalho) e 2001 que não encontramos nenhum trabalho. A revista costumava publicar os trabalhos que eram apresentados no congresso em uma edição especial. Nessas edições especiais é que registramos a maioria esmagadora dos trabalhos sob o viés de ciência e arte. Isso nos leva a pensar que o perfil geral da revista difere do perfil do congresso.

Outra observação que podemos fazer é que a maioria dos trabalhos que encontramos com esta temática estão em português, conforme pode ser observado no APÊNDICE **A** - Artigos pesquisados no Ensenãnza de las Ciencias[11], e ocorreram exatamente nos anos do congresso. Possivelmente os pesquisadores brasileiros que apresentam trabalhos nesse congresso são os que mais utilizam dessa temática para o ensino de ciências. Pelo menos aqueles que costumam publicar nessa revista em especial. Outra constatação é que o número de trabalhos que abordam, de alguma forma, ciência e arte têm crescido ao longo dos últimos congressos, sofrendo uma levíssima queda em 2013, mas que praticamente não representa uma redução do interesse nessa área.

Na Tabela 1.4, apresentamos os mesmos parâmetros utilizados para a Tabela 1.2, referente às pesquisas de Silva; Silva; Reis (2018) e Silva; Reis; Rego (2019), mas agora associados aos números de referência que adotamos para os artigos que analisamos na pesquisa da *Ensenãnza de las Ciencias*.

Tabela 1.4 - Atividades artístico e artigos da *Ensenãnza de las Ciencias*.

Produção Artística	Números dos Artigos
Arte	1, 2, 13, 18, 22, 24, 33, 35, 40, 43, 57, 58, 63 e 64
Cinema, Filme, Vídeo	4, 6, 11, 14, 16, 20, 25, 34, 37, 45, 46, 54, 55 e 59
Cultura	5, 8, 10, 17, 26, 27, 28, 30, 32, 33, 38, 41, 44, 47, 48, 49, 50, 51, 52, 53, 56, 62, 65 e 66
Dança, Performance	13
História Em Quadrinhos	9, 15, 19, 22, 36, 42, 62
Literatura	12, 21, 31
Música	23, 56
Pintura	----
Poesia	56
Teatro	3, 7, 29, 35, 39, 40, 60 e 61

Fonte: Dos próprios autores, com base em Silva; Reis; Rego (2019).

[11] No apêndice **A**, apresentamos todos os artigos consultados no site da Revista *Ensenãnza de las Ciencias*. Eles foram numerados, por nós, para simplificar referências a eles no corpo do nosso texto. Utilizamos no corpo da tese apenas os números dos artigos, para tornar nossa argumentação mais concisa.

Podemos perceber, com facilidade, que um número significativo de artigos apresenta a palavra cultura em seu título, no resumo ou em ambos. Dentre os parâmetros mais específicos, os termos ligados a cinema, filme e vídeo são os que mais aparecem, seguidos de teatro e depois por história em quadrinhos. Não encontramos referência a palavra pintura em nenhum título ou resumo.

Direcionando um pouco mais nosso olhar para estas publicações, como o nosso propósito é a defesa de uma proposta de ciência e arte, mas sob um aspecto histórico-cultural, buscamos identificar este viés nos trabalhos encontrados. Assim, organizamos a pesquisa para tentar analisar quantos artigos versam sobre a temática ciência e arte como recurso didático (RD) e quantos tratam a temática como uma relação contextual (RC).

Estamos entendendo RD aqui, como aqueles trabalhos que claramente adotam os temas e vertentes da arte com o propósito de facilitador, de alguma forma, do aprendizado de conteúdos curriculares. Já RC está sendo empregado por nós para designar os trabalhos que não se utilizam das artes apenas como meio de facilitar o entendimento de conteúdo ou possibilitar aulas mais lúdicas e interessantes. Estamos nos referindo às práticas e propostas em que as artes ganham maior espaço e significado dentro das atividades apresentadas. São aquelas práticas em que a própria atividade artística tem sua importância, por si mesma, ou que o propósito desta é de dar contexto a alguma discussão que vai para além dos conteúdos curriculares. Dentro desta última forma de abordagem (RC), vamos separar a contextualização em duas vertentes:

CG – arte como elemento de *contextualização geral.*

Nessa vertente, enquadramos os trabalhos que apresentam objetivos que transcendem os conteúdos curriculares. São aqueles em que as artes fundamentam contextos de reflexão mais amplos, seja sobre questões sociais, políticas ou de relações interpessoais, sejam como fomentadoras de aprendizado artístico associado a temas da ciência, mas que não dialogam com o contexto histórico.

CHC – arte como elemento de *contextualização histórico-cultural.*

Nessa vertente, enquadramos os trabalhos onde a ciência e a arte são entendidas e apresentadas como elementos de determinado contexto histórico-cultural. Ou seja, trabalhos que discutem temas de ciência e arte sob uma proposta histórica, focando no contexto de época em que ambas as atividades humanas se inserem.

Para resumir e sintetizar estas nomenclaturas apresentamos a tabela 1.5 logo a seguir:

Tabela 1.5 – Classificação sobre abordagens de ciência e arte para este trabalho.

Categorias	Vertentes
Recurso didático (RD)	---
Relação contextual (RC)	Como elemento de contextualização geral (CG)
	Como elemento de contextualização histórico-cultural (CHC)

Fonte: Dos próprios autores.

Para exemplificar essas categorias e subcategorias, apresentamos a Tabela 1.6, que apresenta uma amostra de artigos em cada uma delas.

Tabela 1.6 - Exemplos das categorias ou parâmetros que elaboramos.

Categoria	Autores	Resumo
RD	Oliveira dos Santos, Raphaela; Oliveira Ferreira, Márcio Luiz; Silva Passos, Christian Ricardo; [et al.].	O desenvolvimento econômico e tecnológico do Brasil tem apresentado a necessidade de mudanças na educação, onde a atual baseia-se em formar um aluno crítico, que utilize seus conhecimentos de ciências para interagir com as informações que surgem a cada instante. A alfabetização científica e a contextualização têm sido alternativas eficientes na melhoria do ensino de Química. Nesse trabalho o conteúdo de eletroquímica foi abordado por ser considerado de difícil entendimento pelos discentes. A utilização de Histórias em Quadrinhos (HQ), aplicando a composição, descarte, desenvolvendo a consciência ecológica com método simples e de baixo custo, figurou- se alternativa viável visando a melhoria no ensino. Observou-se que as HQ tornaram o ensino atrativo, motivador, e aliado a encenação teatral, contribuiu no processo de ensino do conteúdo proposto.
	Título	
	Alfabetização científica usando conceitos de eletroquímica e o meio ambiente a partir de histórias em quadrinhos.	

Categoria	Autor	Resumo
RC e CG	ALMEIDA DA SILVA, Antonio; RODRIGUES DE AMORIM, Antonio Carlos; TRÓPIA BARRETO DE ANDRADE, Guilherme.	Encontramos nas artes outras maneiras de se fazer e pensar práticas ligadas às ciências. Propostas Artísticas que também são ecológicas, inventam outras ecologias que operam por meio das sensações e afetos. Buscamos em alguns trabalhos do artista Mark Dion experimentar possibilidades de pensar práticas ecológicas alternativas. Nas produções de Mark Dion tudo está aberto a experimentação constante, por meio de práticas artísticas e ecológicas não convencionais, assim, o artista instaura uma ecologia do despropósito, do efêmero e do transitório, arrastando a ecologia para o campo das práticas (im)possíveis, buscando na arte contemporânea, as mais polêmicas e controversas questões sobre o meio ambiente, uma aposta política e estética sobre as arestas da ecologia que inventam conexões entre arte, filosofia e ciência.
	Título	
	Práticas alternativas na ciência, (des)objetos, vidas inúteis e devires animais na arte	
Categoria	Autores	Título
RC e CHC	MORAES, A. Guerra; BARBOSA, M. Braga; OLIVEIRA, J. Reis.	O trabalho aqui apresentado é o relato de uma pesquisa sobre uma experiência educacional com objetivo de verificar as possibilidades de se relacionar ciência e arte na escola. O trabalho parte do entendimento de que a ciência pode ganhar um significado maior para os estudantes se esta for percebida como parte da cultura de uma época. Sendo assim, será apresentada e avaliada uma oficina com o tema física e arte, que a partir do estudo da física do século XX, discutiu com os alunos as transformações que ocorreram nas concepções de espaço e tempo desde a Idade Média até o início do século XX. A investigação junto aos alunos foi um estudo de caso, que utilizou uma metodologia de pesquisa-ação em que o professor ao mesmo tempo em que ensinava procurava compreender os processos de aprendizagem construídos pelos alunos.
	Título	
	Física e Arte: uma proposta para a compreensão Cultural da ciência	

Fonte: Dos próprios autores.

Utilizando esta categorização para os artigos pesquisados, elaboramos a Tabela 1.7, a seguir. Nesta tabela apresentamos os quantitativos de ocorrências de artigos que

tratam da temática de ciência e arte para o ensino de ciências, separando estes e parametrizando dentro das classificações que apresentamos anteriormente.

Tabela 1.7 - Quantitativo de trabalhos em cada categoria e cada vertente.

Categorias	Vertentes	Quantidade
Recurso didático	---	38
Relação contextual	CG	22
	CHC	6

Fonte: Dos próprios autores.

Podemos perceber que dos 66 trabalhos selecionados, apenas 6 deles se encaixam na vertente de contextualização histórico-cultural, conforme Tabela 1.7. Pudemos perceber também como a temática ciência e arte é interpretada, majoritariamente, como um recurso didático para dinamizar ou facilitar o ensino dos conteúdos das ciências. A argumentação de que a temática de ciência e arte representa um valioso elemento didático, inclusive, está presente em muitos destes textos. Esta ideia está presente em 38, dos 66 trabalhos. No entanto, devemos notar que apropriação deste viés educacional em propostas que transcendem os conteúdos e buscam um ensino mais amplo, uma formação mais completa, estimulante e criativa, é também bastante significativa, contando com 22 trabalhos.

No que diz respeito ao nosso campo de interesse, o de ciência e arte em um contexto histórico-cultural, percebemos que poucos trabalhos abordam este ponto de vista para a temática em questão. Encontramos apenas 6 trabalhos, no *Enseñanza de las Ciencias*, 2 nas revistas analisadas por Silva, Silva e Reis (2018), somente 3 nos dois encontros de ensino, ENPEC e SNEF, pesquisados por Silva, Reis e Rego (2019), e apenas 1 artigo na RBEF, conforme pesquisado por Silva (2019).

Para finalizar este capítulo, acrescentamos o trabalho de Bernardes e Machado (2019) que apresenta os resultados de uma pesquisa por dissertações e teses que tivessem a temátia de ciência e arte como proposta para produções de programas de pós-graduação localizados no Triângulo Mineiro, no período entre 2012 e 2014. As instituições consultadas foram: Instituto Federal do Triângulo Mineiro (IFTM), Universidade Federal

do Triangulo Mineiro (UFTM), Universidade Federal de Uberlândia (UFU) e Universidade de Uberaba (UNIUBE)[12].

Esses autores relatam que foram levantadas 2.062 produções, onde 1.407 eram dissertações e 655 eram teses. Como resultado, 69 desses trabalhos versavam sobre as conexões entre a ciência e a arte. Segundo Bernardes e Machado (2019), 19 desses trabalhos se destinavam à abordagens pedagógicas relacionando ciência e arte. Estes autores não detalharam estas abordagens, uma vez que o trabalho deles ainda discutia outras questões relativas à temática de ciência e arte em produções de pós-graduação desta região. No entanto, para nós, esta pesquisa acrescenta mais uma perspectiva das abordagens de ciencia e arte nos trabalhos acadêmicos em nosso país.

Temos clareza que os artigos sobre o "estado da arte" consultados, assim como nossa própria pesquisa sobre a Revista *Enseñanza de Las Ciencias*, são muito específicos e resultam em um reduzido número total de artigos, uma vez que a população da pesquisa já é bem específica e reduzida. As pesquisas consultadas trataram especificamente da temática de ciência e arte em trabalhos voltados para a física moderna (SILVA; SILVA; REIS, 2018; SILVA; REIS; REGO, 2019). Só a pesquisa de Silva (2019) é mais abrangente para a temática de ciência e arte para qualquer área da física. No entanto, esta última foi realizada em apenas uma única revista. Ainda assim, foi possível se ter uma noção da tendência dos trabalhos e uma ideia da proporção de publicações que seguem nessa direção. Desta forma, esperamos que nossa contribuição agregue valor e estimule novos empreendimentos que contribuam para o crescimento desta área de pesquisa em nosso país.

[12] Os programas de pós-graduação que apresentaram trabalhos sobre esta temática, foram: na UFU, os Programas de Pós-graduação em Letras (PPGL); Artes (PPGA); Educação (PPGED); Filosofia (PPGF); Ciências Sociais (PPGCS) e Psicologia (PPGP). Na UNIUBE, o Programa de Pós-graduação em Educação (PPGE) e, na UFTM, o Programa de Pós-graduação em Atenção à Saúde (PPGAS).

2. Algumas Ponderações Sobre os Conceitos de Cultura

Tendo em vista os objetivos deste trabalho, faz-se necessária a apresentação de um conceito de cultura que seja apropriado para o nosso propósito com esta pesquisa. A complexidade do entendimento de cultura é facilmente percebida quando nos deparamos com toda a gama de significados para este termo nos discursos acadêmicos (SEWELL JR., 1999).

Tentando sistematizar o entendimento de cultura das diversas escolas da antropologia e da sociologia cultural, vamos apresentar duas classificações que tentaram sintetizar as diferentes teorias sobre a cultura em abordagens específicas. Primeiro vamos apresentar a perspectiva de Keesing (1974), em seu artigo "*Theories of Culture*". Ele inicia, nesse artigo, suas discussões referindo-se às teorias que consideram a cultura como sistemas adaptativos. Nesse conceito, as culturas são sistemas de padrões socialmente transmitidos que tem função de adaptar as comunidades humanas aos seus embasamentos biológicos. Nesses sistemas, as tecnologias, as organizações econômicas, os padrões sociais e organizações políticas, crenças e práticas servem para adaptar os indivíduos ao meio e permitir sua subsistência (LARAIA, 2009). Nessa classificação, podemos enquadrar, apenas parcialmente, as teorias evolucionistas da cultura, o difusionismo e os neo-evolucionistas.

Uma segunda categoria apontada por Keesing (1974) diz respeito às teorias idealistas de cultura. Esta categoria é subdividida, por ele, em três diferentes abordagens. A subcategoria que considera cultura como sistema cognitivo, produto dos chamados "novos etnógrafos", que entende cultura como tudo aquilo que um indivíduo deve conhecer e aprender, ou mesmo acreditar, para operar de maneira adequada no interior de sua sociedade. Nessa categoria poderíamos inserir, também com precisão limitada, o funcionalismo e o estrutural-funcionalismo.

Outra subdivisão da categoria de sistema idealista é a da cultura como sistemas estruturais, a perspectiva de Claude Lévi-Strauss (1908 - 2009). Nessa subdivisão, a cultura é definida como um sistema simbólico de criação acumulativa da mente humana. O que se busca é descobrir nas estruturas sociais: mito, arte, parentesco, linguagem etc., princípios da mente que geram tais elaborações culturais (KEESING, 1974).

Como última subcategoria dos sistemas idealistas, Keesing (1974) apresenta as teorias que consideram a cultura como sistemas simbólicos. Esta seria a linha seguida por Clifford Geertz e David Schneider. A cultura, segundo este ponto de vista, deve ser considerada como um conjunto de mecanismos de controle, planos, receitas, regras, instruções para governar o comportamento dos indivíduos em uma sociedade e não um complexo de comportamentos concretos.

Assim, vimos que Keesing (1974) entende duas categorias de teorias da cultura. A primeira diz respeito aos sistemas adaptativos, que descrevem a cultura como o mecanismo encontrado pelo ser humano para sobreviver e se adaptar ao seu ambiente. A segunda diz respeito as teorias idealistas que, em geral, vinculam a cultura à construção de significados. Esta última associa tal empreendimento às questões de conhecimento e aprendizado na vida em sociedade, na identificação de estruturas sociais e na construção simbólica da cultura.

Não é difícil perceber que qualquer classificação tão geral quanto essa sempre apresenta algumas possibilidades de superposição. Por exemplo, o funcionalismo também associa as atividades humanas e instituições criadas para dar conta das necessidades de sobrevivência e convívio do grupo. Os difusionistas também entendem a cultura como conjunto de conhecimentos aprendidos e ensinados por difusão entre os povos. O estruturalismo de Lévi-Strauss também entende a cultura baseada em estruturas simbólicas das sociedades. Então, não podemos restringir escolas específicas à determinadas categorias do esquema de Keesing (1974), esta classificação rígida não era o seu objetivo. A utilidade e importância do esquema por ele elaborado reside, de fato, em conseguir identificar ideias de base na elaboração das diferentes teorias sobre cultura.

A outra categorização das teorias sobre cultura que iremos apresentar foi elaborada por Sewell Jr. (1999) no artigo "*The Concept(s) of Culture"*. Esse artigo foi republicado em 2005 e apresenta dois significados gerais presentes nas definições de cultura mais atuais[13]. Para ele, os conceitos de cultura adotados têm abrangido tanto um significado simbólico, uma categoria abstraída da experiência social, quanto um significado prático de um mundo de crenças e costumes, geralmente empregado para se

[13] Conceitos de cultura mais atuais com relação a 1999, ano da primeira publicação desse trabalho.

referir ao concreto. Esta última interpretação de cultura é, em certa medida, equivalente ao entendimento do termo "sociedade".

> Em um sentido, cultura é uma categoria ou aspecto teoricamente definido da vida social que deve ser abstraído da realidade complexa da existência humana. A cultura, nesse sentido, é sempre contrastada com algum outro aspecto ou categoria igualmente abstrato da vida social que não seja a cultura, como economia, política ou biologia. Designar algo como cultura ou como cultural é reivindicá-lo para uma determinada disciplina ou subdisciplina acadêmica - por exemplo, antropologia ou sociologia cultural - ou para um determinado estilo ou estilos de análise - por exemplo, estruturalismo, etnociência, análise componencial, desconstrução ou hermenêutica. A cultura, nesse sentido - como uma categoria analítica abstrata - só aceita o singular. Sempre que falamos de "culturas", passamos ao segundo significado fundamental. Nesse segundo significado, cultura representa um mundo concreto e limitado de crenças e práticas. A cultura, neste sentido, é comumente assumida como pertencendo ou sendo isomórfica de uma "sociedade" ou de algum subgrupo social claramente identificável. Podemos falar de "cultura americana" ou "cultura de Samoa", ou de "cultura de classe média" ou "cultura de gueto". O contraste neste uso não é entre cultura e não-cultura, mas entre uma cultura e outra - entre os americanos, culturas samoana, francesa e bororo, ou entre culturas de classe média e alta, ou entre gueto e culturas dominantes. (SEWELL JR, 2005, p. 79) (Tradução nossa)[14]

Da argumentação de Sewell Jr. (2005), podemos extrair também o entendimento de que cultura pode incorporar a ideia de distinção entre os aspectos culturais de um grupo social e os aspectos "não culturais", por exemplo, o de que a "cultura brasileira" contrasta com a "política brasileira" ou com a "economia brasileira". Outra ideia possível,

---

[14] *In one meaning, culture is a theoretically defined category or aspect of social life that must be abstracted out from the complex reality of human existence. Culture in this sense is always contrasted to some other equally abstract aspect or category of social life that is not culture, such as economy, politics, or biology. To designate something as culture or as cultural is to claim it for a particular academic discipline or subdiscipline—for example, anthropology or cultural sociology—or for a particular style or styles of analysis—for example, structuralism, ethnoscience, componential analysis, deconstruction, or hermeneutics. Culture in this sense—as an abstract analytical category— only takes the singular. Whenever we speak of "cultures," we have moved to the second fundamental meaning. In that second meaning, culture stands for a concrete and bounded world of beliefs and practices. Culture in this sense is commonly assumed to belong to or to be isomorphic with a "society" or with some clearly identifiable sub-societal group. We may speak of "American culture" or "Samoan culture," or of "middleclass culture" or "ghetto culture." The contrast in this usage is not between culture and not-culture but between one culture and another —between American, Samoan, French, and Bororo cultures, or between middle-class and upper-class cultures, or between ghetto and mainstream cultures.* (SEWELL JR, 2005, p. 79)

diametralmente oposta a primeira, é aquela na qual cultura adquire quase um sinônimo de sociedade, designando por cultura toda a vida social de um determinado povo.

Especificando melhor as duas formas mais gerais de se entender cultura apresentadas por Sewell Jr. (2005): (i) o de uma categoria ou aspecto teoricamente definido da vida social e (ii) o de cultura como um "mundo" concreto e limitado de crenças e práticas, apresentamos a seguir as categorizações que ele adota para as diferentes definições dadas pela antropologia e pela sociologia.

2.1 Cultura como uma categoria teórica abstraída da vida social

Para Sewell Jr. (2005), esta forma de se entender cultura se apresentou de diferentes maneiras nas diversas escolas antropológicas. Conforme discutiremos logo a seguir, ele apresenta em seu artigo algumas abordagens que se encaixam nessa categoria de conhecimento teórico abstraído das relações reais da sociedade. Algumas destas formas gerais permeiam mais de uma escola antropológica.

I - Cultura como comportamento aprendido.

Nessa categoria, a cultura se constitui de todo o corpo de práticas, crenças, instituições, costumes, hábitos e mitos construídos pelos humanos e transmitidos de geração em geração. Nesse entendimento, a cultura contrasta com a natureza e se torna a principal distinção entre a humanidade e os outros animais. Esta categoria era especialmente necessária quando se buscava demonstrar que as diferenças entre as sociedades não se baseavam nas diferenças biológicas. A definição de cultura como comportamento aprendido fazia todo sentido. A partir do momento que ficou clara a inconsistência em distinguir raças na humanidade, este conceito tão amplo de cultura se mostrou vago e incapaz de fornecer dados para o estudo da vida social (SEWELL JR, 2005).

II – Cultura como categoria ou aspecto do comportamento aprendido que se preocupa com o significado.

Esta é uma conceitualização pouco mais restrita que a anterior, no entanto se mostra mais útil em termos de capacidade analítica de uma sociedade. O foco de suas preocupações não reside em uma definição de cultura como todo comportamento aprendido pelos indivíduos de um grupo social. São apenas aqueles aspectos e categorias

de comportamento que se ocupam com os significados que importam para esta linha de entendimento da cultura. O significado pode ser usado para especificar uma esfera cultural de diversos modos distintos, cada um deles definido em contraste com domínios ou esferas não culturais conceitualizados de maneira diferente. Ela surgiu na antropologia ao final da primeira metade do século XX e predominou nas ciências sociais após a Segunda Guerra Mundial. Cultura como significado, na verdade, nada mais é que uma família de conceitos relacionados para dar conta da complexidade do termo (SEWELL JR, 2005)

III - Cultura como esfera institucional dedicada à construção de significado.

Essa concepção parte do pressuposto de que as relações sociais são baseadas em instituições dedicadas a atividades especializadas do grupo social a que estão vinculadas. Esses agrupamentos ou instituições seriam ligadas as esferas da política, economia, sociedade e cultura. A cultura seria a esfera dedicada especificamente à produção e propagação de significados.

Se conceituarmos cultura desta forma, o seu estudo se torna a análise das atividades que ocorrem dentro de seus limites e dos significados nelas produzidos. Tal concepção de cultura aparece, particularmente, em estudos da sociologia, mas raramente é usada na antropologia. O problema dessa conceitualização de cultura está no fato dela se concentrar muito em determinado espectro de significados. Normalmente aquelas instituições entendidas como “culturais”, ligadas aos sistemas de significados expressivos, artísticos e literários, acabam sendo entendidas como atividades distintas dos demais setores da sociedade. Uma vez que setores ligados a economia e política claramente controlam a maioria dos recursos da sociedade, este entendimento acaba contribuindo com as concepções que desvalorizam os setores entendidos como culturais e os relegam a segundo plano. (SEWELL JR, 2005).

IV - Cultura como criatividade ou agência.

Esta categorização da cultura se desenvolveu, principalmente, nas tradições que postulam elevado determinismo “material”, particularmente no marxismo, mas também na sociologia americana.

Os pensadores que se dedicaram a essas tradições criaram uma concepção de cultura onde impera a criatividade. Esta criatividade foge da determinação difusa da ação social promovida por estruturas econômicas ou sociais. Há, nesta conceitualização, uma

oposição clara e definidora entre cultura e estrutura. Esta ideia é quase um consenso no discurso sociológico contemporâneo, no entanto, segundo Sewell Jr. (2005), não faz o menor sentido para a antropologia.

> Na minha opinião, identificar cultura com agência[15] e contrastá-la com estrutura apenas perpetua o mesmo materialismo determinista contra o qual os marxistas "culturalistas" estavam reagindo em primeiro lugar. Exagera tanto a implacabilidade das determinações socioeconômicas quanto o jogo livre da ação simbólica. Os processos socioeconômicos e culturais são misturas de estrutura e agência. A ação cultural - digamos, fazer piadas ou escrever poemas - é necessariamente restringida por estruturas culturais, como convenções linguísticas, visuais ou lúdicas existentes. E a ação econômica - como a fabricação ou reparo de automóveis - é impossível sem o exercício da criatividade e da agência. As particularidades da relação entre estrutura e agência podem diferir nos processos culturais e econômicos, mas atribuir o econômico ou o cultural exclusivamente à estrutura ou a agência é um grave erro de categoria. (SEWELL JR, 2005, p. 82) (Tradução nossa)[16]

V - O conceito de cultura como um sistema de símbolos e significados.

Este conceito de cultura se tornou hegemônico nas décadas de 1960 e 1970 na antropologia americana. Este conceito ficou famoso principalmente por Clifford Geertz e David Schneider.

O termo "sistema cultural" foi utilizado por Geertz em alguns títulos de seus ensaios mais notáveis. O sistema cultural, sistema de símbolos e de significados, representa um nível de abstração particular das relações sociais. Este sistema foi contrastado com o "sistema social", um sistema de normas e instituições, e com o

---

[15] O termo "agência" refere-se, em sociologia, à capacidade dos indivíduos em fazerem escolhas e agirem livremente, independente de sistemas sociais. Este termo contrasta com "estrutura", que designa os fatores de influência que determinam ou limitam as decisões e ações individuais (como classe sociais, a religião, gênero, etnia etc.).

[16] *In my opinion, identifying culture with agency and contrasting it with structure merely perpetuates the same determinist materialism that "culturalist" Marxists were reacting against in the first place. It exaggerates both the implacability of socioeconomic determinations and the free play of symbolic action. Both socioeconomic and cultural processes are blends of structure and agency Cultural action—say, performing practical jokes or writing poems— is necessarily constrained by cultural structures, such as existing linguistic, visual, or ludic conventions. And economic action—such as the manufacture or repair of automobiles—is impossible without the exercise of creativity and agency. The particulars of the relationship between structure and agency may differ in cultural and economic processes, but assigning either the economic or the cultural exclusively to structure or to agency is a serious category error.* (SEWELL JR, 2005, p. 82)

"sistema de personalidade", que era um sistema de motivações. Geertz e Schneider intencionaram distinguir o sistema cultural do sistema social e, para isso, fez-se necessário abstrair o aspecto significativo da ação humana do fluxo de interações concretas. O objetivo era separar, para fins de análise, as influências semióticas sobre a ação de outros tipos de influências, demográficas, geográficas, biológicas, tecnológicas, econômicas etc. que, comumente, estão misturadas nos comportamentos concretos dos indivíduos (SEWELL JR, 2005).

Outro pensador que podemos situar na antropologia simbólica é Victor Turner (1920 - 1983). Sua linha de raciocínio está mais intimamente ligada a escola britânica de cultura, amplamente baseada na sociologia de Durkheim (1858 - 1917) e, em alguma medida, com o modelo de cultura como um sistema de símbolos e significados de Claude Lévi-Strauss. Para Turner, a vida social se desenvolve e se modifica a partir de movimentos dialéticos[17] entre estrutura e antiestrutura social, alimentadas pelas práticas rituais (SEWELL JR, 2005).

De alguma forma, os elementos fundamentais dessas escolas antropológicas representam manifestações de uma tentativa de especificar as estruturas dos sistemas de símbolos humanos e suas profundas influências no comportamento dos indivíduos. Podemos perceber como todas essas abordagens apresentam em comum a insistência na natureza sistemática de significados e na autonomia dos sistemas de símbolos. Em geral, as escolas antropológicas ou sociológicas ocupadas com o estudo da cultura abstraíram da vida social um império de símbolos e significados e, em sua maioria, tenderam para análises mais sincrônicas e formalistas das relações humanas e suas instituições.

2.2 Cultura como sistema e prática.

Nas duas últimas décadas do século XX uma reação generalizada ao conceito de cultura como um sistema de símbolos e significados se ergueu em várias frentes das ciências humanas. Sob muitos slogans diferentes, "prática", "resistência", "História",

[17] Ao longo deste trabalho, adotaremos o entendimento hegeliano de dialética, onde este termo representa o movimento ou processo de busca de conhecimento através do embate entre uma tese, uma antítese e, por fim, o alcance de um conhecimento mais elevado, uma síntese. Em muitos casos a síntese é um conhecimento que engloba parte da tese e da antítese em seu conteúdo. Já a síntese, muitas vezes, se converte em nova tese a ser contraposta por uma nova antítese e assim por diante.

"política" ou "cultura como kit de ferramentas", diversos pensadores se colocaram em oposição a uma representação da cultura como lógica, coerente, compartilhada, uniforme e estática. Eles defendiam que a cultura é uma esfera de atividade prática transpassada por ações intencionais, relações de poder, luta, contradição e mudança (SEWELL JR, 2005).

Um dos trabalhos marcantes nesse sentido foi "*Writing Culture"*, de 1986, escrito por James Clifford e George Marcus. Nele, seus autores anunciaram a crise do conceito de cultura da antropologia. Este livro deu início às críticas ao conceito de cultura como um sistema de símbolos e significados. Alguns trabalhos posteriores reformularam a cultura, adotando para esta um significado mais performativo[18]. Esta visão da cultura se tornou bastante compatível com o trabalho da maioria dos historiadores culturais, que geralmente se sentem desconfortáveis com conceitos sincrônicos (SEWELL JR, 2005).

Segundo Sewell Jr. (2005), os historiadores culturais sutilmente alteraram o conceito de cultura, enfatizando a contradição e a maleabilidade dos significados culturais, procurando os mecanismos pelos quais os significados eram transformados.

Muitos trabalhos teóricos direcionados ao entendimento de cultura, durante os últimos anos do século XX, presumiram um conflito entre a cultura como um sistema de símbolos e significados e a cultura como prática. Assim como pode ser visto nos trabalhos de Clifford Geertz e David Schneider, boa parte dos mais proeminentes pensadores que apoiavam a proposta da cultura como sistemas de significados marginalizaram a consideração da cultura como prática. As análises de Geertz, por exemplo, frequentemente explicam os sistemas culturais por meio das práticas concretas, um funeral de estado, brigas de galos etc., no entanto, as questões da prática são apenas um meio de levar o ensaio ao seu objetivo final, que é o de especificar de forma sincrônica a coerência subjacente às práticas culturais. Já Schneider não é tão sutil em suas análises e excluiu explicitamente as práticas sociais, argumentando que a tarefa da antropologia era

[18] O conceito de performatividade foi descrito pela primeira vez pelo filósofo da linguagem John L. Austin (1911 - 1960). Ele utilizou este conceito ao se referir a capacidade específica da comunicação de agir ou de realizar uma ação. Podemos citar como exemplos: as promessas, apostas, realização de uma cerimônia de casamento, um juiz que pronuncia um veredito. Austin diferenciou a performatividade da constatividade, um tipo de linguagem descritiva que nos sugere apenas a avaliação de ser verdadeira ou falsa.

estudar a cultura como um sistema de símbolos e significados, cabendo às outras áreas do conhecimento buscar as origens destes (SEWELL JR, 2005).

Para Sewell Jr. (2005), sistema e prática são conceitos complementares e, inequivocamente, um pressupõe o outro. Engajar-se na prática cultural significa utilizar os símbolos culturais existentes para algum fim. O sistema não tem existência separada da sucessão de práticas que o produzem, reproduzem ou o transformam, portanto, sistema implica prática.

> Antropólogos que trabalham com uma concepção de cultura como sistema tendem a se concentrar em grupos de símbolos e significados que podem ter um alto grau de coerência ou sistematicidade - aqueles de parentesco americano ou briga de galos balinesa, por exemplo - e apresentar seus relatos desses agrupamentos como exemplos do que a interpretação da cultura em geral acarreta. Essa prática resulta no que os sociólogos chamariam de amostragem na variável dependente. Ou seja, antropólogos que pertencem a essa escola tendem a selecionar símbolos e significados que se agrupam ordenadamente em sistemas coerentes e ignorar aqueles que são relativamente fragmentados ou incoerentes, confirmando assim a hipótese de que símbolos e significados de fato formam sistemas fortemente coerentes. (SEWELL JR, 2005, p. 84-85) (Tradução nossa)[19]

Sistema e prática constituem, em verdade, uma dualidade indissolúvel ou dialética. A questão teórica importante não é, portanto, se a cultura deve ser conceituada como prática ou como um sistema de símbolos e significados, mas como conceituar a articulação de sistema e prática (SEWELL JR, 2005).

Para Sewell Jr. (1999) a cultura deve ser vista de um ponto de vista dialético entre uma dimensão semiótica e uma dimensão de prática social humana. Ele assume que o entendimento da cultura como um elemento estrutural deve sempre interagir com seu entendimento como prática. Ambos os aspectos da cultura (como estrutura e como prática) são dimensões relativamente autônomas da organização social, mas que estão em

---

[19] *Anthropologists working with a conception of culture-as-system have tended to focus on clusters of symbols and meanings that can be shown to have a high degree of coherence or systematicity—those of American kinship or Balinese cockfighting, for instance—and to present their accounts of these clusters as examples of what the interpretation of culture in general entails. This practice results in what sociologists would call sampling on the dependent variable. That is, anthropologists who belong to this school tend to select symbols and meanings that cluster neatly into coherent systems and pass over those that are relatively fragmented or incoherent, thus confirming the hypothesis that symbols and meanings indeed form tightly coherent systems.* (SEWELL JR, 2005, p. 84-85)

constante engajamento dialético. Nesse sentido, Sewell Jr. (2005) entende a cultura como uma estrutura, mas esta é contestada e modificada continuamente pelos efeitos das ações contraditórias que surgem no interior da sociedade. Estas contradições são produzidas pela própria prática social e pelos indivíduos inseridos nos grupos sociais. Se as práticas estão inseridas em um sistema, o próprio sistema só existe pela continuidade de uma série de práticas que o formalizam.

Segundo o próprio Sewell Jr. (2005), deve ficar claro que nenhuma teoria sociológica ou antropológica independente pode oferecer as especificações definitivas sobre o conceito de cultura. Cada uma delas foi elaborada segundo objetivos bastante claros e, assim, forneceu respostas e conceitos bastante limitados, mesmo que suficientemente precisos para o objeto particular de estudo ao qual estavam atreladas. Muitas vezes é necessário rearticular e revivificar o conceito de cultura, remodelando o que é útil e descartando o que não é (SEWELL JR, 2005).

No entendimento de cultura como sistema de símbolos e significados, identificamos a cultura como um sistema rígido e coerente que possui autonomia sobre outros elementos sociais. Esta é uma visão criticada pelos que entendem a cultura como prática. Por mais que a primeira permita entender cultura como em constante mudança, se torna muito difícil identificar os elementos da vida social que são realmente devidos apenas à cultura e não a outros elementos, como política ou economia. Assim, cultura perde sua autonomia e se torna apenas uma "ferramenta de análise" social. Não podemos, no entanto, perder de vista estes diferentes entendimentos, lembrando que a existência das práticas culturais decorrem da existência sistemática de símbolos e significados que justifiquem estas práticas e estes sistemas de símbolos e significados são produzidos, reproduzidos e modificados justamente pelas práticas, o que torna necessária a articulação entre estas duas visões (SEWELL JR, 2005).

Devemos assim admitir que cultura possa ser um conjunto de elemento sociais "incoerente" e fracamente delimitado. Para que possamos identificar quais elementos de cultura como corpo de ações e crenças que são relevantes para uma análise cultural, devemos identificar quais são os "nodos" institucionais de uma sociedade onde estão concentradas e organizadas as principais ações e produções culturais. Por mais que identifiquemos a fluidez, diversidade e incoerência da cultura, não podemos negar a

existência de centros institucionais que detém maior poder sobre o desenvolvimento cultural das sociedades.

O que fica evidente para nós, após as discussões apresentadas por Sewell Jr (2005) é a dificuldade de se encontrar uma escola sociológica ou antropológica única que nos forneça uma definição clara e inteiramente adequada para os objetivos desse trabalho. Na área de educação, por exemplo, são muitas as definições possíveis para o conceito de cultura. Conforme Japiassu (1999) podemos entender a cultura:

> [...] como o processo dinâmico de socialização pelo qual os fatos sociais se comunicam e se impõem, em determinada sociedade, seja pelos processos educativos, seja pela difusão das informações, mediante a mídia, a todas as estruturas sociais. Neste sentido, praticamente se identifica com o modo de vida de uma população, quer dizer, como o conjunto das regras e dos comportamentos através dos quais as instituições adquirem significado para os agentes sociais e se encarnam em condutas mais ou menos codificadas. (JAPIASSU, 1999, p. 177)

Mas, segundo ele, também podemos entender cultura:

> [...] como um conjunto das representações e dos comportamentos adquiridos pelo homem enquanto ser social, vale dizer, como o conjunto histórico e geograficamente definido das instituições características de determinada sociedade, designando esse conjunto, não somente as tradições artísticas, científicas, religiosas e filosóficas de uma sociedade, mas também suas técnicas próprias, seus costumes políticos e os mil usos que caracterizam a vida cotidiana. (JAPIASSU, 1999, p. 177)

Podemos perceber como estas colocações de Japiassu (1999) se aproximam das duas categorias elaboradas por Sewell Jr. (2005) para as teorias sobre cultura. A primeira perspectiva apresentada por Japiassu (1999) define cultura como um conjunto de processos e condições que levam ao surgimento de hábitos e costumes dentro de um grupo social. Podemos dizer que esta definição se aproxima da ideia de cultura como prática de Sewell Jr. (2005). Já a segunda perspectiva realiza uma análise de como podem ser caracterizados estes hábitos e costumes de um grupo social, partindo assim para um entendimento teórico simbólico do termo cultura.

Com a apropriação das discussões a respeito de cultura pelas demais áreas das humanidades, a partir da segunda metade do século XX, como a psicologia, a história e a pedagogia, as visões antropológicas sobre o tema se mostraram muito gerais e vagas para

sua utilização rigorosa nos muitos e diferentes contextos destas áreas. No lugar do conceito de cultura, alguns termos vêm ganhando espaço nas discussões sociais e têm sido entendidos como mais úteis para as discussões atuais do que o conceito de cultura. Estes são os termos, ou conceitos, de: identidade, alteridade e diversidade (ROSA, 2017).

Identidade está ligada às características do grupo social no qual os indivíduos se inserem. Os fatores preponderantes aqui dizem respeito ao entendimento de pertencimento que cada indivíduo faz de si e do meio em que está inserido, identificando-se com alguns fatores: as manifestações culturais, a história, o local e o idioma, por exemplo. Alteridade diz respeito a relação entre o eu e o outro. Seria a identificação do que é diferente e pertencente a outro grupo social que não aquele ao qual pertencemos, que é diferente daquilo que vivemos. Na sociologia e na antropologia, o 'eu' só pode ser entendido a partir da interação com o outro. Este conceito não representa a ideia de superioridade cultural, apenas estabelece as diferenças entre as culturas e as construções sociais de distanciamento e de aproximação entre elas. Já o termo diversidade cultural define como os diferentes aspectos da cultura, como linguagem, religião, culinária, hábitos e costumes se organizam e como eles podem explicar as características próprias de um determinado grupo social. O conceito de diversidade cultural pode ajudar a entender as diversas manifestações culturais existentes (ROSA, 2017)

Não nos aprofundaremos por esses assuntos, uma vez que isso ampliaria muito as discussões nesse capítulo e conduziria a outras discussões que fugiriam do nosso objetivo.

2.3 Em busca de um conceito minimamente adequado

Tendo em vista as discussões apresentadas até aqui, optamos por adotar a conceitualização mais flexível e dialética defendida por Sewell Jr. (2005) para o nosso entendimento de cultura. Suas argumentações de que a cultura apresenta um caráter estrutural e simbólico, mas que esta estrutura apresenta coerência apenas limitada nos parece bastante razoável, tendo em vista a quantidade de teorias, bastante diversas umas das outras, que conceituam cultura de forma precisa para diferentes situações. Ou seja, existem muitos conceitos diferentes de cultura, todos bastante consistentes em seus arcabouços teóricos e empíricos, mas nenhum deles consegue dar conta plenamente de conceituar cultura. Assim, aceitamos os argumentos de Sewell Jr. (2005) de que a cultura

talvez represente um conjunto de elemento sociais “incoerentes”, ou de coerência tênue, e fracamente delimitado.

Para Sewell Jr. (2005), a cultura deve ser entendida de forma dialética entre a dimensão semiótica, composta por um elemento estrutural, e a dimensão da prática social. Esta parte estrutural não é de forma alguma rígida e imutável, ela interage com as práticas sociais que a construíram e que contribuem para modificá-la constantemente. Esta interação dialética entre estrutura simbólica e prática social e, ainda, que as práticas culturais apresentam relativa autonomia, comparadas a economia, política etc., é corroborada pelos argumentos de Sewell Jr. (2005) da seguinte maneira:

> Primeiro, a cultura tem um princípio estruturante semiótico que é diferente dos princípios estruturantes políticos, econômicos ou geográficos que também informam a prática. Portanto, mesmo se uma ação fosse quase inteiramente determinada por, digamos, disparidades avassaladoras nos recursos econômicos, essas disparidades ainda teriam que se tornar significativas na ação de acordo com uma lógica semiótica, isto é, na linguagem ou em alguma outra forma de símbolos. Por exemplo, um trabalhador empobrecido enfrentando o único fabricante à procura de trabalhadores naquele distrito não terá escolha senão aceitar a oferta. No entanto, ao aceitar a oferta, ele ou ela não estará simplesmente se submetendo ao empregador, mas entrando em uma relação culturalmente definida como trabalhador assalariado. Em segundo lugar, a dimensão cultural também é autônoma no sentido de que os significados que a constituem - embora influenciados pelo contexto em que são empregados - são moldados e remodelados por uma infinidade de outros contextos. O significado de um símbolo sempre transcende qualquer contexto particular, porque o símbolo é carregado com seus usos em uma infinidade de outras instâncias de prática social. Assim, nosso trabalhador entra em uma relação de ‘trabalhador assalariado’ que carrega certos significados reconhecidos – de deferência, mas também de independência do empregador e talvez de solidariedade com outros trabalhadores assalariados. Esses significados são transportados de outros contextos em que o significado do trabalho assalariado é determinado - não apenas de outras instâncias de contratações, mas de estatutos, argumentos jurídicos, greves, tratados socialistas e tratados econômicos. Eles entram de maneira importante na definição das possibilidades locais de ação, neste caso talvez concedendo ao trabalhador maior poder para resistir ao empregador do que as circunstâncias locais por si só teriam ditado. Para compreender plenamente o significado deste segundo tipo de autonomia, é importante notar que a rede de relações semióticas que constituem

> a cultura não é isomórfica com a rede de relações econômicas, políticas, geográficas, sociais ou demográficas que constituem o que nós, geralmente, chamamos de "sociedade". (SEWELL JR., 1999, p. 48-49) (Tradução nossa)[20]

A cultura, assim, pode ser entendida como uma rede de relações semióticas desenvolvida pela sociedade. O significado de um símbolo em um contexto pode, portanto, estar sujeito a redefinição por dinâmicas das instituições de seu uso ou mesmo alheias ao domínio institucional.

Inserido nesse amplo conceito de cultura de Sewell Jr. (2005), estamos compreendendo a ciência e a arte como empreendimentos humanos inseridos em determinada concepção de mundo e que partilham de certos conhecimentos e ideias. Ou seja, entendemos a existência de uma cultura científica e de uma cultura artística, conjuntos de ideias, crenças e práticas que distinguem uma área da outra e as caracterizam, mas que estas estão inseridas em um contexto maior e mais abrangente, em um contexto cultural mais geral das sociedades em que estes empreendimentos são produto e agentes de mudança. Em termos mais gerais, ciência e arte são estruturas culturais, ao mesmo tempo que também são conjuntos de práticas de uma cultura e, segundo Sewell Jr. (2005), é através das práticas culturais que as estruturas da sociedade se constroem, se moldam, se modificam e, por vezes, se entrelaçam.

---

[20] *The cultural dimension of practice is autonomous from other dimensions of practice in two senses. First, culture has a semiotic structuring principle that is different from the political, economic, or geographical structuring principles that also inform practice. Hence, even if an action were almost entirely determined by, say, over-whelming disparities in economic resources, those disparities would still have to be rendered meaningful in action according to a semiotic logic—that is, in language or in some other form of symbols. For example, an impoverished worker f acing the only manufacturer seeking laborers in that district will have no choice but to accept the offer. Yet in accepting the offer she or he is not simply submitting to the employer but entering into a culturally defined relation as a wageworker. Second, the cultural dimension is also autonomous in the sense that the meanings that make it up— although influenced by the context in which they are employed—are shaped and reshaped by a multitude of other contexts. The meaning of a symbol always transcends any particular context, because the symbol is freighted with its usages in a multitude of other instances of social practice. Thus, our worker enters into a relationship of "wageworker" that carries certain recognized meanings—deference, but also of independence from the employer and perhaps of solidarity with other wageworkers. These meanings are carried over from the other contexts in which the meaning of wage work is determined—not only from other instances of hirings but from statutes, legal arguments, strikes, socialist tracts, and economic treatises. They enter importantly into defining the local possibilities of action, in this case perhaps granting the worker greater power to resist the employer than the local circumstances alone would have dictated. To understand fully the significance of this second sort of autonomy, it is important to note that the network of semiotic relations that make up culture is not isomorphic with the network of economic, political, geographical, social, or demographic relations that make up what we usually call a "society".* (SEWELL JR., 1999, p. 48-49)

3. Referenciais Para Ciência e Arte em Um Contexto Histórico-cultural

A ciência e a arte mantêm, muitas vezes, um imbricamento dialético muito mais complexo (MORIN, 1998) do que se costuma perceber em análises mais superficiais, ou muito particulares e internalistas destas áreas. Na maioria das vezes a visão de contexto e complexidade dos saberes e das atividades humanas não é bem entendida. No imaginário popular, e mesmo no entendimento de parte dos cientistas e professores de ciências, ambas as áreas do conhecimento ainda são entendidas como apartadas uma da outra. A arte estaria ligada a cultura geral, enquanto a ciência, mesmo quando entendida como parte da cultura, representaria um conhecimento não ordinário, "especial".

3.1 As Duas Culturas e suas pontes

A questão das "Duas Culturas", trazida à tona por Snow (1995) no final da década de 1950[21], retrata bem esta ideia, ou concepção, de que há um distanciamento entre as ciências naturais e os demais campos do conhecimento. Segundo ele, as pessoas, naturalmente, se autodenominam da área de "exatas" ou das "humanidades", se encaixando em um grupo e se excluindo totalmente do outro. Essa concepção estabelece duas categorias de indivíduos que possuem alguns aspectos em comum, como: atitudes, normas, padrões de comportamento, abordagens e suposições (ANTONIOLI *et al.*, 2012). Aqueles que se enquadram como de ciências "exatas" possuem uma cultura em comum e não compartilham de atitudes e valores da outra cultura, das humanidades, e vice-versa (SNOW, 1995).

Mesmo que, no imaginário ordinário, esta ideia pareça bastante natural, o fazer científico, artistico e cultural se apresenta muito mais dinâmico e complexo do que isso, quando tentamos entender com um pouco mais de profundidade o contexto científico e cultural de cada época. Se olharmos para a história veremos que as artes e as ciências mantiveram, em muitos momentos, uma importante relação dialética (SHLAIN, 1991).

[21] A primeira edição de seu livro "As Duas Culturas" data de 1959.

Podemos perceber que esse conceito dicotômico não é corroborado, por exemplo, pelos estudos de História e Filosofia da Ciência e da Arte de autores como Henderson (1988; 2013), Shlain (1991), Edgerton Jr (1993), Miller (2001), Galison (2005) e outros que, fugindo do senso comum, encontram convergências e conflitos, diálogos e paralelismos entre as elaborações artistico-culturais e as criações científicas de cada época. Esses são autores que se debruçaram sobre a História da Ciência, da Arte e da cultura e entendem a ciência como parte da cultura humana, integrada ao contexto histórico e filosófico de sua época.

Vale ressaltar que o próprio Snow (1995) afirma que o entendimento geral de que há uma divisão entre as "Duas Culturas" deve ser combatido. Ele não defendia a existência real deste distanciamento entre as áreas do conhecimento, o que ele percebeu é que ele existe no inconsciente, ou consciente, das pessoas em geral. Segundo ele, é errôneo imaginar que esses aspectos são claramente separáveis e aceitar tal concepção representa uma verdadeira perda prática, intelectual e criativa.

Um dos fatores relacionados ao distanciamento das culturas científica e das humanidades pode ser a grande especialização, ou disciplinarização, do ensino escolar e universitário desde o século XIX até os dias atuais (BURKE, 2003). A maioria das escolas está imersa nesse senso de dualidade e tende a acirrar esta distinção e desconexão entre as humanidades e as áreas científicas. Nas universidades esta realidade parece ainda mais rígida e aprofundada.

> Somos absorvidos por esses conceitos ainda na fase escolar e em parte da graduação, de tal forma, que é possível sentirmos certa estranheza, quando alguém com afinidade na área de exatas apresenta uma obra literária. Ou então quando um sujeito com habilidade na outra área diz apreciar a ciência. (ANTONIOLI *et al.*, 2012, p. 153)

É óbvio que existem as particularidades de cada saber, existem os elementos internos à própria ciência e que não se aplicam às demais áreas do conhecimento, mas as conexões e convergências do contexto histórico deveriam, igualmente, ser apresentadas e discutidas em sala de aula.

3.2 Ciência como parte integrante da cultura

Como já foi mencionado, diversas propostas têm sido efetivadas na tentativa de combater esta visão bipolar do conhecimento. Em relação ao ensino de Física, Zanetic (1989) se destaca como um dos pioneiros na compreensão e utilização das relações entre ciência, arte e cultura no Brasil. Outros pesquisadores que se destacam na defesa deste viés são Reis, Guerra e Braga (2006; 2013). Segundo estes pesquisadores: "artistas e cientistas (ou filósofos naturais) percebem o mundo da mesma forma, apenas representam-no com linguagens diferentes" (REIS; GUERRA; BRAGA, 2006, p. 72).

> Aliás, várias das obras dos grandes físicos que iniciaram a revolução científica do século XVII, podem ser consideradas, além de obras fundamentais do desenvolvimento científico, obras literárias no sentido mais alto do termo. [...] Foi a vertente excessivamente tecnicista do modo de apresentar a física que acabou soterrando essa forma de pensar que estava presente nesses fundadores da física, bem como nos fundadores da física contemporânea no início deste século. (ZANETIC, 1989, p. 4)

Para Zanetic (1989), a física representa um "laboratório" cultural tão fértil, complexo e mutável como os demais campos da cultura humana. É interessante como alguns apontamentos de Zanetic, em sua tese de doutorado de 1989, frisavam assuntos que ainda são atuais, como: O ensino de física deveria se aproximar mais do mundo que nos cerca; a física escolar deveria tratar também da física moderna e contemporânea; a história e a filosofia da ciência deveriam desempenhar papel mais relevante no ensino de física; a física também deveria ser apresentada como parte da cultura.

Todas estas ponderações de Zanetic ainda se mostram relevantes e, cada uma delas representa uma frente de trabalho e objeto de estudo de grande número de pesquisadores até os dias atuais. Para citar alguns exemplos, temos aqueles autores que buscam a aproximação da física ao quotidiano, "física das coisas", um exemplo a ser citado pode ser o GREF (Grupo de Reelaboração do Ensino de Física) que contou com a coordenação do professor Luís Carlos de Menezes e Yassuko Hosoume e a participação de um grande grupo de professores. Quanto à inserção da física moderna e contemporânea no ensino básico, podemos apontar como exemplo os trabalhos de Ostermann e Moreira (1998), Pereira e Ostermann (2009) e Lima, Souza, *et al.* (2018). No campo da História e Filosofia da Ciência, diversos pesquisadores já foram mencionados por nós, no capítulo anterior,

mas vamos citar agora o Grupo Teknê, devido a forte influência de seus trabalhos no desenvolvimento desta tese. Este último grupo também representa uma referência importante na apresentação da física, e das demais ciências, como parte integrante da cultura humana.

Devemos deixar claro que Zanetic (1989) não foi o primeiro e nem o único a constatar as necessidades mencionadas para o ensino de física, por volta da década de 1980. Diversos outros pesquisadores também estavam engajados nessa empreitada, como ele mesmo menciona em sua tese de doutorado. Nós nos baseamos em seu trabalho e em seus apontamentos para melhor organizar nossas ideias e delinear nossa argumentação.

Das argumentações apresentadas por Zanetic (1989), a que motiva mais fortemente este trabalho é aquela que trata da formação cultural dos licenciandos em física. Assim, entendemos que, juntamente com os conhecimentos disciplinares específicos, a formação cultural do futuro professor também é fundamental para o exercício da docência. Mais que isso, a compreensão de que as teorias da física são construções humanas, localizadas em um determinado tempo e que dialogam, em certa medida, com as demais vertentes da cultura é fundamental para a formação intelectual dos graduandos em física. Isso inclui, a nosso ver, que ele consiga localizar determinada teoria em seu contexto, as possíveis motivações extra científicas e possíveis implicações desta teoria na concepção de mundo da sociedade. Incluímos, ainda, a importância de que este aluno possa perceber que algumas ideias centrais da física foram também abordadas por outros campos do saber, com outras formas de representar e entender o mundo em que vivemos (GUERRA; REIS; BRAGA, 2010).

Em muitos momentos da história, percebemos que as artes plásticas, a literatura e a filosofia se ocuparam de questões paralelas aos temas que a ciência se ocupava. Em alguns momentos estas áreas chegaram a divagações que antecederam a própria ciência, por exemplo o caso das relações de espaço-tempo e a quarta dimensão (HENDERSON, 2013). Como veremos nos capítulos 7 e 8 deste trabalho, este conceito foi explorado pela filosofia e pela ficção científica antes mesmo da Teoria da Relatividade de Einstein ser desenvolvida.

Há ainda os casos em que a conexão entre ciência e arte são muito mais diretas. Citamos aqui, como exemplo, os casos das áreas de biologia e medicina, onde artistas e

cientistas trabalhavam juntos para descrever e ilustrar plantas e animais, no caso dos naturalistas, e o corpo humano, no caso dos anatomistas (ROSSI, 2001).

Há também relatos sobre a utilização de câmaras lúcidas e câmaras escuras por pintores para que obtivessem mais precisão nos traços das imagens a serem pintadas, aproveitando-se assim da projeção de imagens proporcionada por estes aparatos. Encontramos, em algumas pinturas dos séculos XV ao XVII, a representação de espelhos convexos em quadros de alguns artistas, o que dá indício de conhecimento e utilização desses aparatos pelos pintores (ALCANTARA; BRAGA; COSTA, 2017; BARBOSA-LIMA; QUEIROZ; SANTIAGO, 2007).

Já na virada entre o século XIX e o século XX, novas interpretações a respeito de espaço, tempo, simultaneidade, localidade e causalidade serviram de tema tanto para a física como para a arte. O desenvolvimento da Teoria da Relatividade e da Mecânica Quântica trouxe para a ciência um mundo sem absolutos onde a incerteza passou a fazer parte do "cardápio" de opções da física. É nesse interim que se inicia, por exemplo, o movimento artístico do Surrealismo, de André Breton, onde a característica predominante é a fuga do senso comum e ausência de lógica, evoluindo ao ponto de alcançar sua expressividade máxima com a representação do irreal e do onírico (REIS; GUERRA; BRAGA, 2006) .

> Em certa medida, o aparecimento de uma arte impenetrável tem uma ligação com o surgimento de uma ciência que também desnorteou o público das suas noções básicas da realidade. [...] O Surrealismo, por exemplo, surgiu procurando sonhar e agir, superando a dicotomia que essas ações representam. Há uma negação da consciência, um abandono do controle da razão sobre o ato criativo. (REIS; GUERRA; BRAGA, 2006, p. 78)

Devemos esclarecer que não pretendemos apresentar relações causais ou inter-relações forçosas entre arte, ciência e cultura em geral. O que defendemos é que existem "questões próprias de cada época" que movimentam as mentes e os recursos de uma sociedade. Seriam inquietações e questões que conduzem indivíduos à interpretações diversas, em diversas áreas do conhecimento.

3.3 O Espirito de época ou *Zeitgeist*

Sintetizando esta ideia de concepções, conceitos e questões que, em determinadas épocas e contextos, permeiam a cultura de forma mais ampla, vamos nos apropriar do termo *Zeitgeist*, mencionado por Shlain (1991) em seu livro "*Art and Phisics"*.

> O idioma alemão encapsula essa ideia na palavra *Zeitgeist*, que infelizmente não possui uma única palavra equivalente em inglês, mas significa "o espírito da época". Quando as descobertas em campos não relacionados começam a aparecer ao mesmo tempo, como se estivessem conectadas, mas o fio que as conecta claramente não é causal, os comentaristas recorrem à proclamação da presença de um *Zeitgeist*. (SHLAIN, 1991, p. 24, Tradução nossa)[22]

O termo alemão *"Geist"* pode ser interpretado de duas formas, dependendo do contexto. Pode ser entendida como espírito, com conotação religiosa, ou 'mente', no sentido intelectual do ser, distinto do aspecto físico. Já o termo *"Zeit"* pode ser entendido como o tempo, cronológico e histórico.

O primeiro registro do termo *Zeitgeist* se deve ao filósofo e poeta alemão Johann Gottfried Herder (1744 - 1803), um dos principais pensadores do Romantismo Alemão. Em seu ponto de vista, era infrutífero reduzir as explicações sobre as sociedades a leis universais, assim como se fazia na filosofia natural. Os povos não são movidos somente pela razão, mas por uma essência, um pensamento coletivo compartilhado. Para essa essência particular de cada sociedade, Herder cunhou o termo *Volksgeist*, "espírito do povo" ou "espírito de nação". No entanto, os povos não agem somente guiados pelo sentimento de nação, há também ideias e realizações que não se limitam as nacionalidades e às fronteiras geográficas. Ideias, práticas e atitudes que aparecem em determinados momentos da história, em diferentes localidades, mas que apresentam grande similitude. Para essa ideia, Herder utilizou o termo *Zeitgeist,* que, em certa medida, representa uma "tradução" para o alemão de um termo em latim, *genius seculi*, e que significa "espírito guardião do século" (REALE; ANTISERI, 2005).

---

[22] *The German language encapsulates this idea in the word Zeitgeist, which unfortunately has no single-word equivalent in English, but means "the spirit of the times." When discoveries in unrelated fields begin to appear at the same time, as if they are connected, but the thread that connects them is clearly not causal, then commentators' resort to proclaiming the presence of a Zeitgeist*. (SHLAIN, 1991, p. 24)

Tanto *Volksgeist* como *Zeitgeist* são importantes termos utilizados pela tradição filosófica idealista alemã. No entanto, *Zeitgeist* ganhou maior popularidade devido aos trabalhos de Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770-1831) e seu idealismo absoluto. Em Hegel, este termo vem representar o ambiente intelectual de um determinado período, suas questões, dúvidas, motivações e respostas aos problemas de cada época. Para Hegel, é impossível ao ser humano delimitar o conhecimento em verdades eternas, assim, ele defendia que não existem verdades que não estejam diretamente vinculadas ao tempo, ao momento e ao contexto histórico de cada época. Dessa forma, o termo *Zeitgeist* é empregado, segundo a filosofia de Hegel, como uma espécie de consciência ou conhecimento que se apresenta coletivamente no contexto histórico-cultural de uma sociedade (REALE; ANTISERI, 2005).

Assim, após todas estas argumentações, podemos entender a importância de se explorar estas conexões para o ensino da física. O principal motivo é que não podemos mais propagar uma ciência que não existe no mundo real, que só existe em livros didáticos. Ciência esta que conduz a todo tipo de confusão e reducionismo sobre os processos e o funcionamento da ciência.

A relação ciência e arte, em um contexto histórico-cultural, pode ser uma boa opção para abordar esta relação intrincada da ciência com os demais ramos da cultura e o conceito de *Zeitgeist* nos parece um ponto de conexão a ser explorado em abordagens deste tipo. No entanto, não podemos perder de vista a importância de sempre fugir do preconceito e do juízo de valor recorrente, e ingênuo, de colocar uma ou outra área do conhecimento humano em uma posição de superioridade em relação a outras. Reduzir a importância de outras áreas do conhecimento humano, em favor daquela que nos agrada, é uma atitude que só presta um desserviço à educação e à construção do conhecimento humano.

4. Objetivos/Princípios Norteadores Para Nossa Proposta

O nosso objetivo com este capítulo é apresentar nossos princípios norteadores, que representam a fundação da nossa proposta de ciência e arte em um enfoque histórico-cultural. Estes princípios também representam os objetivos máximos que queremos alcançar com a perspectiva de ciência e arte.

Para que possamos ser mais claros quanto às conclusões que chegamos, após a longa caminhada teórica que realizamos, faz-se necessário que comecemos apresentando nossa síntese sobre os estudos teóricos dos capítulos anteriores. Ou seja, que apontemos o nosso próprio entendimento de como os nossos referenciais teóricos podem dialogar para a construção da nossa tese. É isso que faremos na primeira parte deste capítulo. Já na segunda parte deste capítulo iremos, enfim, expor e comentar nossos princípios/objetivos.

4.1 Nossa síntese a respeito dos referenciais teóricos discutidos

Tendo como base os resultados da pesquisa bibliográfica do capítulo 1, mesmo que sendo apenas uma amostragem do quadro geral, pudemos perceber que boa parte das propostas didáticas baseadas na temática de ciência e arte, em certa medida, acabam representando apropriações de vertentes das artes como metodologia, artefatos didáticos ou meios que possibilitam abordar assuntos distintos dos especificamente científicos. Da mesma forma, percebemos que poucas propostas, levadas a cabo, relacionam as elaborações da ciência às questões socioculturais que, por vezes, dialogam com o que Shlain (1991) menciona como *Zeitgeist*, “espírito do tempo”, ou “espírito de época”.

Admitimos o valor das diversas atividades e as diferentes motivações e objetivos para tais abordagens, mas em nossa proposta entendemos que as artes devem ser apresentadas como conhecimentos importantes de serem discutidos e estudados, conjuntamente aos conhecimentos científicos, e não serem apenas metodologias ou meios pelos quais se pode alcançar propósitos outros. Da mesma forma, acreditamos que as discussões de NdC, e o complexo imbricamento da ciência e as demais áreas da cultura humana são questões que não podem ficar de fora do ensino de ciências.

Quanto às propostas que apresentam objetivos mais profundos para o ensino, para além dos conteúdos das disciplinas, percebemos que muitos trabalhos argumentam sobre a formação sociocultural dos alunos, sejam de nível médio ou graduação, se ocupando do lúdico, do criativo, das possibilidades de interação social, do senso crítico e mesmo das questões políticas e de gênero. No entanto, poucas atividades baseadas na relação ciência e arte se preocupam com a compreensão da construção do conhecimento científico, com as questões de NdC e com o contexto histórico-cultural em que a ciência e a arte de determinada época estão inseridas (GUERRA; BRAGA; REIS, 1998).

Após termos também estudado as características gerais das teorias antropológicas e sociológicas sobre cultura, no capítulo 2 desta tese, concluímos que uma forma de conceituar cultura que se adequa às nossas intenções com este trabalho é a adotada por Sewell Jr. (2005). No ponto de vista deste historiador cultural, a cultura não deve ser conceituada rigidamente como sistema (estrutura) ou como prática social (sociedade) e sim como um complexo dialético formado por ambos os elementos. O trabalho de quem estuda a cultura deveria se prender menos em analisar sistemas de símbolos e significados e mais em como se dá esta articulação de sistema e prática social (SEWELL JR, 2005). Isso porque, para Sewell Jr. (2005) a cultura deve ser entendida de forma dialética, da forma mais hegeliana possível, como um constante contraste de tese, antítese e síntese promovidas pelas dimensões semióticas da cultura e as próprias práticas sociais humanas.

Mesmo sendo a dimensão da prática social relativamente autônoma dos aspectos simbólico-estruturais da cultura, ambas estão em constante engajamento dialético. A própria existência das práticas culturais se deve à existência sistemática de símbolos e significados que justificam. Mas, também, estes sistemas de símbolos e significados são produzidos, reproduzidos e modificados justamente pelas práticas, o que torna necessária a articulação entre estas duas dimensões da cultura quando desejamos entender de forma um pouco menos tendenciosa o que vem a ser cultura (SEWELL JR, 2005).

Estas discussões sobre cultura nos fizeram tentar interpretar as argumentações de Snow (1995) e Zanetic (1989), que discutimos no capítulo 3, a luz dessa noção dialética de estrutura e de prática. Em nossa interpretação, tanto um autor quanto outro deixam claro a aceitação de que existe uma cultura científica e uma cultura humanista/artística. Ambos entendem que existem conjuntos de práticas e crenças que particularizam o fazer científico e o fazer artísticos. No entanto, há uma defesa em Zanetic (1989) do

entendimento de que as ciências também fazem parte da cultura mais geral onde tanto cientistas como artistas e estudiosos das demais áreas das humanidades estão inseridos. Também é possível perceber a ideia de que existem convergências entre as áreas, na fala de Snow (1995), que utiliza a ideia de ponte entre as duas culturas.

Acreditamos que estes diálogos representam bem a complexa conexão entre as ciências e as humanidades, entendidas como diferentes estruturas da sociedade, com suas próprias práticas características, mas que estas mesmas práticas são agentes de modificação destas estruturas e podem promover as conexões entre as supostas duas culturas.

Como exemplo deste complexo imbricamento entre estruturas e práticas, apontamos o processo de construção do princípio de complementaridade, do físico Niels Henrik David Bohr (1885 - 1962). Segundo Guerra, Reis e Braga (2005), a leitura dos trabalhos do filósofo e psicólogo Willian James (1842 - 1910), principalmente do seu livro *"The Principles of Psychology"*, de 1890, teria impressionado fortemente Niels Bohr. Em seu livro, James descreve alguns experimentos psicológicos realizados com pacientes histéricos[23]. Segundo este filósofo e psicólogo do século XIX e do início do século XX, o pensamento só pode existir em associação a uma pessoa que o possua. Assim como um observador e o objeto de sua observação, o pensamento e aquele que pensa estão fortemente articulados. Ele concluiu que, quando essas pessoas apresentavam um comportamento específico, um outro comportamento oposto a este permanecia adormecido, assim os estados de consciência desses pacientes nunca conviviam simultaneamente. Eles faziam parte do indivíduo, mas eram mutuamente ignorados, em uma espécie de coexistência complementar em um mesmo indivíduo (GUERRA; REIS; BRAGA, 2005).

Há muitas semelhanças entre este ponto de vista teórico da psicologia e o princípio de complementaridade da Mecânica Quântica. Alguns experimentos bastante confiáveis, realizados ao longo da história, conseguiram corroborar a ideia de que a luz é uma onda

[23] A Histeria é uma perturbação psíquica, da mesma categoria das neuroses, na qual a pessoa apresenta surtos com reações emocionais que beiram o teatral, chegando mesmo a converter os conflitos psíquicos em problemas físicos. O histérico pode fingir doenças inexistentes chegando a sentir fisicamente os sintomas de amnésias, automatismos, sofre desmaios, além de sofrer contraturas musculares, perda da fala, tremores, espasmos e tiques nervosos entre outros. A pessoa que sofre de histeria intercala períodos de tranquilidade e calma com surtos histéricos.

eletromagnética. Outros experimentos, tão confiáveis quanto os anteriores, só conseguem ser explicados se entendermos a luz como sendo um conjunto de partículas. A solução encontrada por Niels Bohr para este impasse, foi a interpretação de que a luz apresenta duas características complementares, é uma onda eletromagnética e também um conjunto de partículas ou pacotes de energia, que depois ficaram conhecidos como fótons. As características de onda só aparecem em certos experimentos e os de partículas em outros. A luz então é constituída de ondas e de partículas, de forma complementar, no entanto somente uma das características é percebida por vez.

Não fica difícil perceber como esse episódio representa como as ideias e práticas de uma área do conhecimento humano, que aqui interpretamos como sendo de uma estrutura da cultura, distinta da estrutura das ciências naturais, pode contribuir para alterações na outra estrutura cultural e promover revisões das próprias ideias e práticas desta última. De certa forma, estes nossos apontamentos mostram que existe coerência na visão dialética de Sewell Jr. (2005) quanto à autonomia apenas relativa das estruturas culturais e que há uma dimensão da cultura que não pode ser ignorada, que ele chamou de prática. E ainda, que devemos admitir que a cultura pode ser composta de um conjunto de elementos, por vezes, incoerentes e fracamente delimitados (SEWELL JR, 2005).

Avançando desta discussão para o último ponto que queremos rever, antes de partirmos para nossas propostas para esta tese, vamos retornar à ideia de "espírito de época", *Zeitgeist*.

Como já foi discutido anteriormente, Hegel acreditava ser impossível ao ser humano alcançar verdades eternas e imutáveis. Ele defendia que não existem verdades que não estejam diretamente vinculadas ao momento e ao contexto histórico de uma época. Além disso, Hegel conjeturava a existência de um tipo de consciência coletiva específica de determinado contexto histórico-cultural (REALE; ANTISERI, 2005). Seguindo uma tradição filosófica do romantismo alemão, ele atribuía o termo *Zeitgeist* a estas ideias, concepções, hábitos e práticas que se apresentavam como característicos de uma época, muito mais do que de um povo ou de uma região geográfica específica.

Esta ideia de um tipo de "espírito de época", *Zeitgeist*, nos parece fundamental para a proposta que queremos defender. Em nosso trabalho iremos empregar este termo para designar ideias, questionamentos e concepções de mundo que vão atravessar as fronteiras entre áreas do conhecimento distintas e, por vezes, até as fronteiras geográficas

de povos que apresentem convergências culturais. Ideias e questionamentos que vão exigir respostas particulares das diferentes vertentes da cultura, mas que, em essência, apresentam algum ponto em comum, seja conceitual, científico, social etc.

Se vasculharmos um pouco a história da ciência, das artes e a própria história geral, veremos que não são raros tais conceitos e ideias que se espalham por vários campos do conhecimento, em determinado período. Como exemplo, citamos a ideia de evolução que se alastrou pelo século XIX nas ciências biológicas, na sociologia, na economia, na política e em diversas outras áreas. Outro exemplo é a ideia de fragmentação, que aparece na física quântica do século XX, na psicologia e psicanálise, ao estudar a psicose, e nas artes plásticas, com o cubismo, o pontilhismo e outros.

No nosso caso, o *Zeitgeist* em questão diz respeito a ideia de quarta dimensão e as diferentes formas de conceituar, entender ou representar tal ideia durante o período que vai do final do século XIX e primeira metade do século XX. Esta ideia de *Zeitgeist* será um elemento teórico chave na nossa proposta, uma vez que estamos adotando um *Zeitgeist* do período histórico mencionado como elemento de convergência entre saberes distintos. Dentro de uma proposta que pretende tratar da ciência (física), das artes e do contexto histórico-cultural, encontrar um eixo central onde conhecimentos distintos se coagulam e complementam pode tornar mais coerentes nossas argumentações histórico-culturais. Talvez possamos dizer que encontramos no conceito de *Zeitgeist* a ponte que conecta as Duas Culturas de Snow (1995), ou que este conceito também proporciona compreender a física como parte da cultura, conforme defendido por Zanetic (1989)

4.2 Objetivos/Princípios norteadores

Amparados por todas as ideias educacionais, filosóficas e culturais, até aqui apresentadas, acreditamos que uma proposta de ciência e arte sob um viés histórico-cultural, pode oferecer condições de contribuir significativamente para a formação docente. As principais contribuições que vislumbramos para a proposta de ciência e arte dentro de uma visão histórico-cultural estão plenamente de acordo com as ideias que viemos discutindo. Acreditamos que essa proposta pode facilitar em muito as discussões a respeito das convergências e divergências das diversas áreas do conhecimento. Outra questão facilitada por esta proposta é a de que existiram assuntos comuns às artes e às

ciências em diversas épocas e ambas buscaram respostas ou representações para esses temas que permearam grande parte da sociedade (GUERRA; REIS; BRAGA, 2010). Com isso, há também a possibilidade de se abordar algumas das ideias relacionadas a NdC, de forma contextualizada.

A proposta de ciência e arte, em uma perspectiva histórico-cultural, também pode facilitar o combate à visão de Duas Ciências (SNOW, 1995), uma vez que todo o processo didático já está baseado na complexa relação entre arte, ciência, história da ciência e da arte dentro da ampla concepção de cultura proposta por Sewell Jr. (2005).

Dessa forma, acreditamos ser possível elevar estas contribuições ao status de princípios norteadores para a nossa proposta de ciência e arte sob o viés do contexto histórico-cultural. Iremos, então, adotar estes princípios como objetivos, buscando com nossa proposta:

I – Facilitar o entendimento de que a ciência faz parte da cultura (ZANETIC, 1989), assim como outras elaborações humanas, e está inserida em um contexto histórico-cultural do qual se alimenta e contribui.

Argumentando em termos histórico-culturais, entendemos como extremamente improvável que o próprio Einstein, por exemplo, tivesse condições de pensar na possibilidade de um espaço-tempo e de um tempo relativo ao movimento de um móvel um século antes de 1905, por exemplo. Além de não ter condições técnico-científicas para isso (MARTINS, 2015), sua própria visão de mundo sequer o conduziria a pensar que o tempo pode passar com uma frequência diferente para diferentes observadores, apenas as formas de contabilizá-lo é que seriam diferentes.

> Não é possível entender realmente as leis de Newton fora do contexto cultural britânico do século XVII, ou aprender a teoria da relatividade de Einstein sem estudar a cultura europeia no final do século XIX. [...] Os cientistas são pessoas inseridas em seu espaço-tempo. Por isso, mantêm diálogo com outros campos da cultura humana. A construção do conhecimento científico não é uma ilha no mundo; faz parte da cultura, como religião, filosofia e arte. (BRAGA; GUERRA; REIS, 2013, p. 735) (Tradução nossa)[24]

[24] *It is not possible to really understand Newton's laws outside of the 17th century British cultural context, or to learn Einstein's relativity theory without studying European culture at the end of the 19th century. [..] Scientists are people inserted in their space–time. Therefore, they maintain a dialog with other*

Da mesma forma, parece-nos inconcebível que uma obra de arte como "A Persistência da Memória", de Salvador Dali, Figura 10.11, página 201 desta tese, fosse sequer pensada por volta de 1687, ano da publicação de "Princípios Matemáticos da Filosofia Natural", de Isaac Newton.

De acordo com Cachapuz (2014), a arte e a ciência são, de fato, diferentes aspectos do conhecimento e das atividades humanas, no entanto, não é essa a questão interessante. O que importa para nós, e de fato é a questão relevante nisso tudo, é que uma visão não reducionista e segmentada pode encontrar semelhanças e convergências que aproximem estas áreas de modo diacrónico. Dessa forma, Cachapuz (2014) argumenta que o que devemos nos ocupar é:

> [...] de que modo tal visão diacrónica a arte/ciência pode melhorar a qualidade da educação em ciências oferecida aos alunos e dar uma oportunidade aos professores para irem mais além das rotinas e burocracias a que frequentemente são submetidos nas suas escolas. (CACHAPUZ, 2014, p. 105)

Tendo como base estes argumentos, entendemos que apresentar aos alunos os elementos de convergência, e esclarecer os de divergência, entre a ciência e a arte pode facilitar o entendimento, por parte dos alunos, de que a ciência produzida em determinada época dificilmente ocorreria em outra época que não aquela, assim ela está conectada a um contexto cultural maior.

II – Possibilitar o entendimento de que existem temas ou concepções de mundo compartilhadas por parte significativa de integrantes de uma sociedade e que representam uma espécie de pensamento de época, *Zeitgeist*, "espírito do tempo", ou "espírito de época" (SHLAIN, 1991).

> A arte abrange um reino imaginativo de qualidades estéticas; a física existe em um mundo de relações matemáticas nitidamente circunscritas entre propriedades quantificáveis. Tradicionalmente, a arte cria ilusões destinadas a provocar emoções; a física é uma ciência exata que faz sentido. [...] Embora seus métodos difiram radicalmente, artistas e físicos compartilham o desejo de investigar as maneiras como as peças interligadas da realidade se encaixam. Este é o terreno comum

---

fields of human culture. Construction of scientific knowledge is not an island in the world; it is part of the culture, like religion, philosophy, and art. (BRAGA; GUERRA; REIS, 2013, p. 735)

> sobre o qual eles se encontram. (SHLAIN, 1991, p. 15-16) (Tradução nossa) [25]

É nessa busca comum de compreender o mundo que, algumas vezes, a ciência e a arte acabaram por adotar temáticas, a aceitarem ideias comuns e a buscarem respostas às questões que estas temáticas suscitaram. É óbvio que suas particularidades os levaram a encontrar soluções bastante diversas, por vezes, para estas questões, mas é inegável que existe uma conexão cultural em que artistas e cientistas estão imersos. Esses elementos de conexão é que nos parecem importantes de serem abordados e discutidos com os estudantes de ciências. Por exemplo,

> [...] ao mesmo tempo em que os físicos quânticos começaram a lutar com a teoria da complementaridade de Bohr, que não é classicamente científica e parece beirar a espiritual, o psicólogo suíço Carl Jung promulgou sua teoria da sincronicidade, o corolário interno na experiência humana dessa ideia externa de quantum. Como Bohr, Jung repudiou a doutrina convencional da causalidade. Ele propôs que todos os eventos humanos se entrelaçam em um plano do qual não estamos conscientemente a par, de modo que, além da causa e efeito prosaicos, os eventos humanos são unidos em uma dimensão superior pelo significado. Os princípios de sincronicidade e complementaridade, como fazem a ponte entre os domínios distintos da psique e do mundo físico, também se aplicam à conexão entre arte e física. (SHLAIN, 1991, p. 24) (Tradução nossa)[26]

Dessa forma, a proposta de ciência e arte em um contexto histórico-cultural, além de possibilitar o entendimento de que existem ideias que são comungadas pela ciência e pela arte de determinada época, pode encontrar na ideia de *Zeitgeist* uma forma de

---

[25] *Art encompasses an imaginative realm of aesthetic qualities; physics exists in a world of crisply circumscribed mathematical relationships between quantifiable properties. Traditionally, art has created illusions meant to elicit emotion; physics has been an exact science that made sense. [...] While their methods differ radically, artists and physicists share the desire to investigate the ways the interlocking pieces of reality fit together. This is the common ground upon which they meet.* (SHLAIN, 1991, p. 15-16)

[26] *At the same time that quantum physicists began to wrestle with Bohr's theory of complementarity, which is not classically scientific and seems to border on the spiritual, the Swiss psychologist Carl Jung promulgated his theory of synchronicity, the internal corollary in human experience of this external quantum idea. Like Bohr, Jung repudiated the conventional doctrine of causality. He proposed that all human events interweave on a plane to which we are not consciously privy, so that in addition to prosaic cause and effect, human events are joined in a higher dimension by meaning. The principles of synchronicity and complementarity, bridging as they do the very separate domains of the psyche and the physical world, apply as well to the connection between art and physics.* (SHLAIN, 1991, p. 24)

abordar, em sala de aula, as complexas relações de complementaridade dessas áreas do conhecimento.

III – Promover o distanciamento da visão estreita de Duas Ciências (SNOW, 1995) de que existem separações rígidas entre as áreas da ciência e das humanidades e de que os indivíduos se inserem inevitável e unicamente em uma dessas categorias.

De acordo com Antonioli *et al.* (2012), apesar de muitos estudantes e professores entenderem a possibilidade de múltiplas culturas, e não apenas duas, ainda há muita insegurança e incerteza quanto a esta forma de pensar. Em uma pesquisa realizada com estudantes pré-universitários e universitários, além de professores, em um centro federal de educação no Rio de Janeiro, esses autores aplicaram um questionário levantando esta questão, a existência de duas culturas e como estas se apresentam no ensino. O que eles perceberam é que há muita contradição entre as respostas dos participantes desta pesquisa (ANTONIOLI *et al.*, 2012). Isso mostra que, apesar de já se considerar que a dicotomia entre pessoas das áreas de ciências e pessoas das áreas de humanidades não seja suficiente para representar a cultura humana, não se pode descartar de fato que grande parte dos indivíduos ainda se auto insere em uma dessas duas categorias.

Em um artigo onde Moura (2018) relata as atividades de um projeto que objetivava aproximar as ciências naturais e as humanidades, em uma disciplina de química do ensino médio, ele argumenta que, mesmo a ideia de Duas Culturas sendo do final da década de 1950, tais ideias ainda estão bastante presentes no imaginário popular.

> Mesmo com diversas revisões que podem ser feitas ao trabalho de Snow, sendo este um livro publicado no final da década de 50, os professores mais ‘antenados’ nas redes sociais nos últimos anos, podem notar que resquícios dessa separação ainda persistem no imaginário dos jovens. Buscas rápidas em mecanismos de pesquisa online e nas redes sociais podem constatar a visão estereotipada que ainda persiste e que divide estudantes entre ‘de humanas’ e ‘de exatas’. Prova disso é existência de páginas populares como ‘Não Sei, Sou de Humanas’, ‘Ajudar o povo de humanas a fazer miçangas’, entre outras, que apesar de serem páginas de humor refletem, de alguma maneira, esse imaginário. (MOURA, 2018, p. 120-121)

Assim, acreditamos que a proposta de ciência e arte em um contexto histórico-cultural apresenta potencial para aproximar as discussões de campos do saber que, aparentemente, seriam distintos e se enquadrariam nas atividades das ciências e outro nas

das humanidades. Como nossa proposta procura o diálogo entre os conhecimentos dentro de um contexto histórico-cultural, acreditamos que as discussões suscitadas pela mesma podem contribuir para diluir mais o entendimento de Duas Culturas.

IV – Possibilitar algumas discussões a respeito do processo de produção do conhecimento científico, da NdC e a presença recorrente de metafísica; de influências filosóficas e teológicas, a recorrência de ideias *ad hoc*[27], de erros e acertos, de controvérsias e consensos (GUERRA; BRAGA; REIS, 1998).

Como se trata precisamente de ensino de ciências, em uma proposta de ciência e arte, acreditamos que seja fundamental que, em alguma medida, discussões a respeito da construção do conhecimento científico e NdC devam estar também presentes nas atividades educacionais com este viés. Isso porque acreditamos na importância de que devamos sempre ter em conta a necessidade de se ensinar sobre a ciência e não nos restringirmos a apenas ensinar as ciências (ABD-EL-KHALICK; LEDERMAN, 2000; ALLCHIN, 2011).

Conforme elencado e discutido por Moura, Camel e Guerra (2020), diversas críticas a certos modelos de NdC, controvérsias a respeito de objetivos intrínsecos a estes modelos e sua aplicação no ensino de ciências têm sido foco de algumas pesquisas. Segundo estes autores, recentes análises apontam visões ideológicas e perspectivas políticas por trás de certas diretrizes para o entendimento de ciência e para o ensino das ciências. Muitas vezes, os modelos de NdC e suas idealizações para um modelo de ensino de ciências não são claros quanto às visões ideológicas e políticas presentes em seus propósitos (MOURA; CAMEL; GUERRA, 2020). Nesse sentido, é necessário compreender que tipo de perspectivas educacionais cada modelo teórico sobre NdC possibilita promover para a educação em ciências. Ou seja, além de se entender o quanto cada modelo de NdC se aproxima do empreendimento científico é preciso entender o quanto cada modelo teórico direciona o entendimento de ciências para promover determinados fenômenos educacionais (MOURA; CAMEL; GUERRA, 2020).

[27] O termo *ad hoc* é originário do latim e significa, literalmente, "para esta finalidade". O termo hipótese *ad hoc*, por exemplo, é usado, na ciência e na filosofia, com o significado de uma hipótese pouco ou nada evidente adicionada em uma teoria para salvá-la de ser falseada. Normalmente servem para compensar anomalias não previstas pelas teorias.

Essa discussão se mostra muito ampla, fugindo muito do nosso propósito com esta tese. Iremos nos prender, aqui, apenas na importância de se selecionar qual modelo de NdC mais se adequa, ou quais elementos para se entender a NdC se mostram mais favoráveis para o nosso propósito. Como nossa preocupação com esta tese se volta para o entendimento de ciência como participante do contexto histórico-cultural de seu tempo, nos prenderemos as questões ligadas a visão de uma ciência construída por seres humanos, inseridos em um contexto de época, e que compartilham de muitas ideias, crenças e ideologias de muitos dos seus contemporâneos. Da mesma forma, nos preocupamos em mostrar uma ciência que se constrói pelo trabalho de muitos pesquisadores, e não por grandes gênios que surgem em meio à multidão (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011).

V – Humanizar o ensino de ciências e o próprio entendimento sobre a ciência, mostrando-a como parte de um todo, como um conhecimento que integra a cultura humana ao qual ajuda a transformar e é, por vezes, estimulada.

Conforme afirmam Gil Pérez e*t al.* (2001), faz-se necessário apresentar o caráter social do desenvolvimento científico, colocando em evidência o fato de que o ponto de partida de muitas pesquisas é a síntese dos trabalhos e contribuições de gerações de investigadores. Também se deve ter em mente que, cada vez mais, os cientistas buscam respostas para questões colocadas pelas instituições ao qual trabalham e às linhas de investigação estabelecidas pelas equipes de que fazem parte. A concepção de que um cientista isolado, ao realizar seus trabalhos, pode chegar a soluções geniais de forma completamente autônoma já não se sustenta mais.

> [...] O trabalho dos homens e mulheres de ciência - como qualquer outra atividade humana - não tem lugar à margem da sociedade em que vivem, mas é, necessariamente, influenciado pelos problemas e circunstâncias do momento histórico, sem que isto faça supor que se caia num relativismo ingênuo incapaz de explicar os êxitos do desenvolvimento científico-tecnológico. Do mesmo modo, a ação dos cientistas tem uma clara influência sobre o meio físico e social em que se insere. (GIL PÉREZ *et al.*, 2001, p. 137)

Desta forma, entendemos que a proposta de ciência e arte em um contexto histórico-cultural pode favorecer as discussões a respeito deste entendimento do cientista

como um indivíduo, humano, inserido em sua sociedade e que desenvolve seu trabalho integrado ao mundo em que vive e aos demais membros de uma comunidade científica.

> A história, a filosofia e a sociologia da ciência não têm todas as respostas para essa crise, porém possuem algumas delas: podem humanizar as ciências e aproximá-las dos interesses pessoais, éticos, culturais e políticos da comunidade; podem tomar as aulas de ciências mais desafiadoras e reflexivas, permitindo, deste modo, o desenvolvimento do pensamento crítico; podem contribuir para um entendimento mais integral de matéria científica, isto é, podem contribuir para a superação do mar de falta de significação que se diz ter inundado as salas de aula de ciências, onde fórmulas e equações são recitadas sem que muitos cheguem a saber o que significam; podem melhorar a formação do professor auxiliando o desenvolvimento de uma epistemologia da ciência mais rica e mais autêntica, ou seja, de uma maior compreensão da estrutura das ciências bem como do espaço que ocupam no sistema intelectual das coisas. (MATTHEWS, 1995, p. 165)

Completando um pouco mais o quadro apresentado por Matthews (1995), estamos acrescentando a nossa proposta de ciência e arte, em sua específica contextualização histórico-cultural. Tal proposta acaba por incorporar os aspectos de HFC que este autor defende e completá-las com discussões de contexto cultural e artístico para o ensino de ciências. Com isso, podemos aumentar as possibilidades de apresentar a ciência e os cientistas de forma humanizada e não tão distantes assim de cada cidadão comum da sociedade.

VI – Privilegiar o entendimento e a capacidade de conexão entre os saberes, em detrimento da memorização, uma vez que as conexões complexas do empreendimento científico e da cultura não se resolvem mediante o ponto de vista das disciplinas isoladas, ou por conhecimentos acumulados que não se articulam entre si.

Faz-se necessário, portanto, buscar maneiras de conectar os saberes escolares e universitários de modo que o diálogo entre eles exponha a complexa teia de relações que, na verdade, sempre existiu na cultura humana, não só nos dias atuais.

> [...] se tentarmos pensar o fato de que somos seres simultaneamente físicos, biológicos, sociais, culturais, psíquicos e espirituais, é evidente que a complexidade reside no fato de se tentar conceber a articulação, a identidade e a diferença entre todos estes aspectos, enquanto o pensamento simplificador ou separa estes diferentes aspectos ou os unifica através de uma

> redução mutiladora. Portanto, nesse sentido, é evidente que a ambição da complexidade é relatar articulações que são destruídas pelos cortes entre disciplinas, entre categorias cognitivas e entre tipos de conhecimento. (MORIN, 1998, p. 138)

Dentre os argumentos educacionais de Morin (1998), entendemos também que não se trata de dar todas as informações sobre um fenômeno estudado, mas de respeitar as suas diversas dimensões. Em seu ponto de vista, sendo o homem um ser bio-socio-cultural, ele já traz em si mesmo a complexidade de sua existência. Nesse sentido, a proposta de ciência e arte em um contexto histórico-cultural pode representar, de maneira clara, uma possibilidade de abordar os saberes humanos de forma mais complexa, tendo em vista que a própria estrutura da proposta busca apresentar múltiplas visões do empreendimento humano de determinado período.

Os seis princípios elencados por nós para o ensino com base em ciência e arte em um contexto histórico-cultural, em verdade, também podem representar importantes objetivos a serem alcançados por propostas direcionadas para este tipo de temática.

5. Critérios Teóricos para os Recortes Histórico-culturais

O ensino de ciências, da história da ciência ou da história da arte já representam campos complexos por si só e agrupam saberes de diferentes áreas do conhecimento. Ao pensarmos em uma proposta didática em que a convergência destes saberes esteja em foco, teremos que considerar alguns aspectos teóricos da didática das ciências e da historiografia para que nossos propósitos possam ser alcançados de forma adequada.

É no campo da didática da ciência e suas vertentes que se concentra a preocupação com as dimensões envolvidas no processo de seleção de conteúdos e adequação dos mesmos ao ambiente escolar. Além destas preocupações, também se encontram neste campo os estudos sobre os processos de aprendizagem, produção de materiais de ensino, formas adequadas de avaliação e outros mais (VALENTE, 2003). Desta forma, para uma seleção coerente dos temas específicos a serem trabalhados, a escolha da forma de abordagem e o nível de aprofundamento de conteúdos acadêmicos no ambiente escolar deveremos, inequivocamente, nos fundamentar nas bases teóricas da didática da ciência.

Uma vez que o processo de adequação dos saberes especializados de história da ciência e história da arte ao ambiente escolar não representa uma simples "tradução" ou simplificação de conteúdos e vocabulários à esta nova realidade, um embasamento teórico fundamentado também na historiografia das ciências será de grande importância (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011). De acordo com Brockington (2005), os pressupostos, as motivações e os objetivos próprios do ensino de ciências diferem em muito daqueles característicos do fazer científico. Ao transpormos os saberes de um campo para outro, devemos ter em mente que haverá uma mudança do nicho epistemológico e, assim, ocorrerá inevitavelmente uma transformação do conhecimento. Ou seja, a adequação destes saberes para o ambiente de sala de aula, voltados para o ensino de ciências, representa um processo complexo e a sua adequação envolve a produção de conhecimentos de natureza diversa dos produzidos nos campos acadêmicos dos especialistas.

Mediante essa inevitável transformação do conhecimento, necessitaremos de um embasamento teórico que favoreça a construção de saberes escolares que não sejam historiográfico e epistemologicamente ingênuos, ou claramente deformados. Da mesma forma, deveremos ter em foco as necessidades didáticas de cada disciplina e respeitar a

autonomia epistemológica do saber escolar e seu contexto sociocultural (CHEVALLARD, 1991). Assim, em termos de história da ciência e história da arte no ensino de ciências, a seleção dos conteúdos e sua adequação requer a harmonização entre as necessidades didático-pedagógicas, com seus pressupostos, e com as necessidades histórico-epistemológicas e seus critérios específicos (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2009).

5.1 Critérios historico-epistemológicos

Ao abordarmos conteúdos de HFC no ensino de ciências, devemos sempre manter olhar atento ao risco das descrições anacrônicas que geram pseudo-história (ALLCHIN, 2004) e que acabam por fomentar uma visão distorcida da natureza da ciência e do empreendimento científico (MARTINS, 1998; MARTINS, 2004; ALLCHIN, 2011). Para não incorrer nesse tipo de distorção do conhecimento, faz-se necessário que levemos em consideração os critérios historiográficos desenvolvidos pelos historiadores para a construção de narrativas menos ingênuas ou deturpadas.

> Pode-se chamar de "historiografia" a produção dos historiadores, para diferenciá-la da "história" – entendida como um conjunto de situações e acontecimentos pertencentes a uma época e a uma região – que é o objeto de estudo dos historiadores. Temos, assim, dois níveis distintos. A história é algo que se pode considerar como existente independentemente da existência dos historiadores (a menos que se adote uma postura filosófica idealista). A história não é constituída por frases e livros e sim por um encadeamento de atividades humanas ocorridas ao longo do tempo. A historiografia, por outro lado, é o produto primário da atividade dos historiadores. Ela é constituída essencialmente por textos escritos. Ela reflete sobre os acontecimentos históricos, mas agrega-lhe um caráter discursivo novo. Ela procura desvendar aspectos da história, mas não é uma mera descrição da realidade histórica. (MARTINS, 2004, p. 115)

Ao longo do século XX, diversas reflexões e questionamentos filosóficos e sociológicos relativos ao fazer científico, além de novos olhares para os modos de se escrever a história e a própria ciência, conduziram a mudanças significativas na historiografia da ciência. Decorrentes principalmente de um processo de amadurecimento

e sofisticação, proveniente dos debates, de críticas e contracríticas, a história da ciência adquiriu grande especialização (MARTINS, 2004).

Novas perspectivas históricas e a descoberta de textos desconhecidos até então, por exemplo alguns manuscritos de Isaac Newton, conduziram os historiadores para novas indagações e possibilidades no processo de construção histórica dos conhecimentos científicos. Além de perspectivas filosóficas e religiosas, outros elementos externos ao fazer científico começaram a ser considerados, o que conduziu a necessidade de contextualização da documentação histórica. Com isso, ficou evidente a necessidade de se levar em conta rupturas no desenvolvimento da ciência, a influência de fatores sociais e valores pessoais, a contribuição de antigas tradições alquímicas e de filosofias místicas e os debates filosóficos que provocaram modificações na forma de construir as narrativas históricas (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011; DEBUS, 1991).

O novo olhar para a história da ciência evidenciava a necessidade de se entender os documentos históricos em termos da própria cultura onde foram produzidos e a possibilidade de analisar seus elementos valendo-se, quando possível, de saberes sociológicos, antropológicos, filosóficos e psicológicos (DEBUS, 1991).

Voltando-se para as abordagens de HFC no ensino e na divulgação científica, Allchin (2004) trouxe à tona a presença de diversas formas de se descrever o empreendimento científico que não acompanharam estes avanços historiográficos e apresentam tais relatos de forma deformada, o que ele chamou de *Pseudohistory* (pseudo-história). Antes mesmo de Allchin (2004), Whitaker (1979) já havia apontado a existência de reconstruções históricas da ciência que eram propositalmente deformadas para se adequarem a propósitos educacionais. Whitaker (1979) denominou tais narrativas de *quasi-history*. Ou seja, são histórias que, em geral, não correspondem rigorosamente aos fatos e são moldadas com propósitos outros que não o relato adequado dos acontecimentos.

Para Allchin (2004), as distorções na construção dos relatos da história da ciência podem ser decorrentes de objetivos educacionais que buscam tornar mais didáticas certas passagens da história da ciência, no entanto elas focam apenas no entendimento de teorias e ideias sem se preocuparem com as possíveis deformações que estejam promovendo. Estas narrativas com objetivos didáticos, mas que não respeitam critérios historiográficos claros, acabam por refletir determinadas concepções de ciência e propagar certos juízos

de valor que, em verdade, acabam prestando um desserviço ao ensino e ao entendimento sobre o empreendimento científico. Este autor defende que os educadores e pesquisadores do campo do ensino deveriam entender as distorções historiográficas mais comuns, para servirem como sinais de alerta para o reconhecimento de possíveis descrições históricas problemáticas.

5.1.1 Principais distorções historiográficas presentes nas narrativas históricas

Segundo Allchin (2004), o anacronismo é o problema historiográfico mais comum nas narrativas que acabam por representar pseudo-histórias. No anacronismo, se desrespeita o contexto histórico interpretando-se o passado com base no entendimento atual de normas ou de padrões. Ao adotarmos um olhar anacrônico, acabamos por interpretar e julgar acontecimentos históricos de forma preconceituosa, com base em ideias e crenças de outra época que não a original. Esse olhar "viciado" pode nos conduzir a selecionar, reduzir ou omitir certos fatos que se afastam de nossas concepções atuais. Além disso, poderemos acabar enaltecendo outros fatos específicos em função destes últimos se aproximarem mais de ideias aceitas no presente. Este tipo de procedimento pode ser devido a ingenuidade e desconhecimento historiográfico, por parte do pesquisador que o adota, ou mesmo de ações propositais para alcançar determinados objetivos (ALLCHIN, 2004).

Um tipo específico de anacronismo é o whigguismo. Este modo de descrever os fatos é um tipo de anacronismo onde as incertezas e incoerências de ações do passado e de seus personagens históricos são omitidos para reconstruir a história do modo mais favorável aos propósitos de determinados grupos, instituições e partidos políticos. Este termo foi inspirado na prática adotada por um partido político da Grã-Bretanha, que alterava os fatos históricos para legitimar sua autoridade (ALLCHIN, 2004).

Na história da ciência, o whiggismo representa um tipo de história anacrônica que glorifica a genialidade de alguns personagens, gerando a ideia de grandes gênios e atribuído a estes a criação de áreas do conhecimento ou idealizadores de inventos fundamentais, desconsiderando a complexidade do fazer científico e os inúmeros personagens outros que contribuíram para o desenvolvimento da ciência (JARDINE, 2003). Em geral, este tipo de narrativa objetiva afirmar a autoridade de grandes

pensadores e instituições suprimindo as incertezas e descrevendo um processo linear de construção, onde as ideias dos grandes gênios são predecessoras de ideias atuais.

Uma subcategoria do whigguismo é a chamada hagiografia, que romantiza certos pensadores da ciência do passado como "heróis", sobrevalorizando aspectos específicos de suas contribuições, enfatizando os aspectos favoráveis da sua vida e, muitas vezes, descrevendo seus adversários como vilões ou como ignorantes da "realidade". Nesse sentido "santificam" um pensador "genial", omitindo seus erros e desconsiderando contribuições de seus pares e de estudiosos anteriores, apresenta sua metodologia e raciocínio como modelos idealizados de pensamento científico (ALLCHIN, 2004). É claro que, ao longo da história, nos deparamos com grandes pensadores em diversas áreas do conhecimento humano, mas nem por isso significa que seus trabalhos não foram cheios de altos e baixos, com acertos e erros, incertezas e dúvidas. Desta forma, devemos evitar fomentar a visão de que a ciência se constrói de tal forma (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2009).

Outro tipo de distorção historiográfica é aquele onde ocorre uma reconstrução racional dos episódios da história da ciência (ALLCHIN, 2004; WHITAKER, 1979). Nesse tipo de distorção são selecionados apenas aqueles fatores históricos que contribuem para a reconstrução racional das etapas de desenvolvimento de teorias e conceitos científicos aceitos pela ciência atual. Organizam-se as ideias e acontecimentos do passado de modo a conduzirem linearmente aos conceitos e teorias atuais. Este tipo de deformação pode conduzir ao entendimento de que a ciência é desenvolvida por gênios, que não cometem erros, e que basta seguir as etapas de um método científico universal para que seja possível alcançar sucesso. Esta forma de deformação histórica, infelizmente, não é incomum no ensino de ciências. O maior problema gerado por estas narrativas linearizadas do desenvolvimento científico é que semeiam nas mentes dos alunos a crença de que a ciência "evolui" de forma progressiva, seguindo de ideias simples até alcançar um conhecimento superior. Isso tudo guiado por um método universal e infalível. Esta perspectiva também dá a entender que a ciência opera completamente desvinculada de qualquer influência social ou humana (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2009; FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011).

Segundo Martins (1998), estes problemas ocorrem geralmente em narrativas históricas que buscam descrever períodos muito longos, tendendo por adotar

generalizações com relação a dominância de determinadas ideias e concepções como consensuais em certos períodos. São narrativas que encadeiam fatos de forma linear, desconsideram controvérsias e rupturas, não apresentam ideias alternativas e tendem a omitir qualquer elemento de contextualização cultural que não corrobore com as ideias que desejam enfatizar.

5.1.2 Reconhecendo possíveis narrativas distorcidas de HFC

Para Allchin (2004), educadores e não especialistas que se interessem por HFC deveriam ser capazes de reconhecer uma possível pseudo-história. Para isso, alguns indícios de que uma narrativa histórica pode estar equivocada poderiam ajudá-los a identificar possíveis narrativas distorcidas. Mesmo não sendo indicativos absolutos, os professores e pesquisadores deveriam buscar confrontar tais relatos com outras fontes mais confiáveis para se certificarem dos relatos apresentados. De acordo com seus apontamentos, o professor ou o pesquisador deve estar atento ao aparecimento de: relatos muito romantizados; com personagens que nunca cometem erros; descobertas grandiosas e atribuídas à trabalhos individuais; grandes descobertas intuitivas; aparecimento de experimentos cruciais que mudam o rumo da história; a ideia de que uma teoria seria inevitável, apresentações que descrevem trajetórias óbvias para uma ideia; reforço a ideia de verdades incontestáveis que derrubam a ignorância de opositores; discurso que apoia a evidência dos fatos sem contestações e problemas; simplificação e generalização das evidências (ALLCHIN, 2004). De forma geral, se corre o risco de incorrer nessas representações equivocadas quando não se leva em consideração, na narrativa histórica, o ambiente cultural e social; as contingências humanas; as ideias antecedentes e ideias alternativas e se apresenta uma aceitação acrítica de novos conceitos (MARTINS, 2004).

Por mais inofensivos que possam parecer ao olhar menos atento, os anacronismos históricos em aulas de ciências e na divulgação científica trazem prejuízos à visão de ciência e tornam o conhecimento científico algo ainda mais separado da vida quotidiana dos estudantes. Os prejuízos mais evidentes das pseudo-histórias são que estas impossibilitam a compreensão da ciência como uma construção cultural, que se enquadra na dimensão humana; há também o desestímulo ao pensamento crítico, uma vez que se

costuma dar a entender que ideias valorosas emergem de autoridades geniais e infalíveis. Isso pode desestimular que os jovens estudantes almejem as carreiras científicas.

5.2 Critérios didático-pedagógicos

Na didática da ciência, encontramos no conceito de Transposição uma proposta teórica que fornece importantes subsídios para compreender as transformações dos saberes científicos até seu ajustamento aos requisitos do ensino de ciências. Na Transposição Didática, reconhecemos o distanciamento inevitável, e necessário, entre esses diferentes saberes. Desta forma, este conceito permite a reelaboração dos saberes para o ambiente escolar sob um olhar atento aos riscos da banalização dos conhecimentos e, ainda, a atenção necessária às questões epistemológicas indispensáveis.

O termo "Transposição Didática" surgiu, no âmbito da didática da matemática, no início da década de 1980, estruturado por Chevallard (1991). Este autor fundamentou tal conceito no pressuposto de que todo sistema de ensino tem seu funcionamento compatível com o ambiente social em que está inserido. Para Chevallard (1991) a didática da matemática possui um objeto real de estudo cognoscível, assim como outras atividades científicas. Sob uma perspectiva sociológica, ele define esse objeto como aquilo que está no cerne da relação didática estabelecida entre um docente, os alunos e um saber, em seu caso um saber matemático. A "pedra fundamental" do conceito da Transposição Didática é, então, o próprio saber, sua origem e a construção do saber educacional (VALENTE, 2003).

Chevallard (1991) distingue três formas de saber, o Saber Sábio (produto do trabalho dos especialistas nos ambientes acadêmicos), o Saber a Ensinar (que chega ao ambiente escolar através dos currículos e nos materiais didáticos) e o Saber Ensinado (saber que é, efetivamente, ensinado em sala de aula). Assim, a Transposição Didática foca nas modificações sofridas pelo conhecimento acadêmico, Saber Sábio, até chegar ao ambiente escolar. A própria cultura escolar também representa um elemento de destaque no contexto da Transposição Didática, uma vez que o saber sempre se encontra em conexão com seu contexto sociocultural (VALENTE, 2003).

O Saber Sábio é construído de acordo com pressupostos, regras e linguagens bem específicas, consensuais de cada comunidade acadêmica. Estes critérios tornam a

produção científica direta inadequada ao sistema de ensino básico, se apresentando de modo inacessível aos alunos dos diferentes níveis educacionais. Assim, faz-se necessário ocorrer uma transformação desse conteúdo de modo a adequá-los ao ambiente escolar, que também apresenta seus pressupostos, objetivos e regras próprias (VALENTE, 2003). Para que a transformação dos saberes ocorra, o Saber Sábio sofre uma descontextualização ou desvinculação do contexto original de produção. Esta ideia de descontextualização pode parecer forçosa e até perigosa, no sentido de deformar o Saber Sábio, mas ela é inevitável e ocorre até mesmo no próprio processo científico, desde os primeiros passos dados pelo pesquisador até alcançar sua forma final e ser apresentado à comunidade científica (ALVES FILHO, 2000).

O Saber a Ensinar é aquele conhecimento já transformado e pronto para ser inserido no ambiente escolar, que se materializa em livros didáticos, manuais de ensino e conteúdos curriculares. Este novo saber gerado após a Transposição Didática será um saber que foi separado de suas origens e de seu real processo de produção histórica, diferente, portanto, do Saber Sábio original (CHEVALLARD, 1991). A partir daí se passa para a etapa final do processo de Transposição Didática no qual o professor, no interior do processo prático de ensino-aprendizagem, promove novas transformações sobre o Saber a Ensinar, tornando-o Saber Ensinado (CHEVALLARD, 1991).

Desta forma, Chevallard (1991) divide a Transposição Didática em duas etapas:

(I) A Transposição didática externa, que é promovida por diversos atores inseridos no contexto sociocultural da educação, define os saberes a serem ensinados antes destes chegarem, efetivamente, ao ambiente escolar. É nessa etapa que são decididos os conteúdos e temas a serem estudados, o tempo didático para os mesmos, a linguagem dos textos produzidos etc., transformando o Saber Sábio em Saber a Ensinar.

(II) A Transposição didática interna, que ocorre no interior do sistema didático, e representa a etapa final do processo que transforma o Saber a Ensinar em Saber Ensinado. Nesse momento, a relação entre professor, aluno e conhecimento é o principal fator que promove as transformações que geram o saber ensinado.

5.2.1 Processo de Transposição externa

É principalmente na Transposição Didática externa que ocorre a maior parte da seleção de conteúdos que deverão ser ensinados no ambiente escolar. Os principais orientadores deste processo de escolha são: o projeto social de ensino-aprendizagem e o contexto sociocultural em que o sistema educacional está inserido. Esta etapa do processo é realizada por um conjunto de atores diversos, responsáveis pelos enfrentamentos, pelos debates e pela busca das soluções para a elaboração do Saber a Ensinar.

> Ali se encontram todos aqueles que ocupam os postos principais do funcionamento didático, se enfrentam com os problemas que surgem de encontro com a sociedade e suas exigências; ali se desenvolvem os conflitos, ali se levam a cabo as negociações; ali se maturam soluções. [...] estamos aqui na esfera onde se pensa – segundo modalidades muito diferentes – o funcionamento didático. Para esta instância sugeri o nome paródico de noosfera. (CHEVALLARD, 1991, p. 28)

É nessa noosfera que são definidos os currículos, mediante às necessidades e anseios da sociedade. Nesse "ambiente" plural é que são delimitadas as competências, responsabilidades e ações do processo educativo, por vezes com a participação de diversos indivíduos envolvidos no processo educacional: autores de livros didáticos, os formuladores de políticas educacionais, pesquisadores em educação, professores, pais de alunos, especialistas das disciplinas (cientistas) e demais grupos interessados no processo educacional. Isto tudo, sempre guiado por um projeto educacional (CHEVALLARD, 1991). Este processo de construção dos saberes a serem ensinados deve sempre reconhecer as diversas formas de racionalidade, conhecimentos diversos e adotar epistemologia plural, articuladora da razão pedagógica, sociológica, antropológica, política etc., conferindo legitimidade ao Saber a Ensinar (GABRIEL, 2001).

A produção de um saber adequado ao ambiente escolar é fruto de uma construção, de um processo de didatização que envolve um complexo de outros processos que são executados na Transposição Didática externa. Estas etapas da transposição são representadas pelos processos de dessincretização, de despersonalização, de programabilidade para a aquisição do saber, da publicidade do saber e do controle social da aprendizagem (CHEVALLARD, 1991).

Sendo o Saber Sábio o resultado da construção de conhecimentos de muitos anos, muitas vezes ele representa um emaranhado complexo de conceitos e ideias que se coagulam para dar conta de explicar determinados fenômenos. Este Saber Sábio é, então, separado em suas correntes distintas, é disciplinarizado em diferentes saberes, é, então, reescrito na forma de saberes independentes e que possuem discursos próprios e autônomos (CHEVALLARD, 1991). Ou seja, no processo de dessincretização ele é reorganizado em outro saber, reconstituído em um novo contexto epistemológico.

Em outro momento do processo da construção do Saber a Ensinar ocorre a despersonalização do Saber Sábio, algo que já ocorre também na comunidade acadêmica com o propósito de difusão e produção social do conhecimento. Ocorre, então, o fenômeno de deshistorização do Saber Sábio pelo qual o novo saber adquirido se torna uma realidade ahistórica, atemporal e que se justifica por si mesma, livre dos processos de produção científica. Este saber a ensinar se mostra livre de ser contestado quanto a sua origem, utilidade e pertinência, se torna um conjunto de verdades naturais inquestionáveis (CHEVALLARD, 1991). Nesse processo, o Saber Sábio que se torna um saber a Ensinar é desvinculado de um indivíduo e de seu processo particular de desenvolvimento. Por exemplo, as leis de Newton, no ambiente escolar, não são apresentadas levando em consideração os complexos caminhos trilhados por este pensador para a sua construção e nem mesmo os posteriores elementos que contribuíram para sua validação. As leis de Newton adquirem validade didática por si mesmas. Não há nenhuma abertura, em geral, para contestações e dúvidas a este respeito. Há, como resultado desse processo, um apego exagerado a regras para definir o modo de relacionar o saber, bem característico da área de ensino, impondo aos saberes certo ar de evidência, o que facilita a sua apresentação organizada (CHEVALLARD, 1991).

O saber a ensinar entra então no processo de preparação didática, de textualização do Saber, de publicização, de busca de uma explicitação discursiva objetiva imprescindível para tornar o Saber a Ensinar, possível de ser ensinado. Este processo tem por objetivo encontrar formas de tornar tais conhecimentos compreensíveis e apropriados para o seu público-alvo, professores e alunos, necessitando assim de certo grau de publicidade (ALVES FILHO, 2000). É a partir daí que o texto do Saber a Ensinar adquire programabilidade, ou seja, é um saber que adquire uma ordenação e uma progressão do conhecimento, tida como norma para sua aquisição pelos alunos. Este texto apresenta

início, meio e fim encadeados racionalmente e enceram em si uma proposta de aprendizagem (CHEVALLARD, 1991). Desta forma, o material didático, programa disciplinar ou currículo representam sequenciamentos de conteúdos que buscam viabilizar a relação entre o sujeito e o objeto, entre o estudante e o conhecimento a ser apreendido.

> O texto é uma norma de progressão no conhecimento. Um texto tem um princípio e um fim (provisório) e opera por um encadeamento de razões. [...] Esta publicidade, por sua vez, possibilita o controle social da aprendizagem, em virtude de uma certa concepção do que significa saber, concepção fundada (ou legitimada, ao menos) pela textualização. [...] Ao se conceber a aprendizagem como equivalente ao progresso manifestado na própria estrutura do texto, este permite medir àquele e torna possível uma didática essencialmente "isomorfa" [...]. (CHEVALLARD, 1991, p. 73)

Obviamente, o texto do Saber a Ensinar não apresenta uma ordenação correspondente à desenvolvida no Saber Sábio, há aqui uma clara diferenciação entre o tempo de produção do conhecimento científico e o tempo didático necessário para a aquisição do conhecimento pelos alunos. Chevallard (1991) define este tempo didático como sento a relação saber versus duração do processo de aprendizagem. Este tempo didático é determinado durante o processo de textualização do Saber Ensinar, quando se processa a programabilidade deste saber, e é fundamental para que o processo de ensino-aprendizagem se processe de forma adequada.

Assim, após o processo de transformação do Saber Sábio em Saber Ensinar, emergem os produtos deste processo, materializados nos manuais, livros didáticos, os documentos oficiais (os PCNs e os currículos da BNCC[28], por exemplo) e os programas educacionais adotados pelo sistema de ensino. Quando estes elementos aportam o ambiente escolar, enfim chegamos ao momento em que ocorre a relação didática entre o saber, o professor e o aluno. Nesse momento, o Saber a Ensinar também passará por uma transposição, agora interna ao ambiente escolar.

[28] PCNs – Parâmetros Curriculares Nacionais; BNCC - Base Nacional Comum Curricular.

5.2.2 Processo de Transposição interna

Para possibilitar o ensino de determinados elementos do Saber a Ensinar, este saber deverá sofrer certas deformações que o torne ensinável. Estas deformações são menos aparentes que as realizadas na Transposição Didática externa, mas são necessárias ao processo de ensino-aprendizagem e modificam o Saber a Ensinar. Neste processo de transposição interna, as ações do professor são guiadas pelas complexas relações em que o ambiente escolar está conectado e transformam este em um Saber, de fato, Ensinado (CHEVALLARD, 1991).

Mesmo sendo o professor o principal agente na Transposição Didática interna, mediando a interação entre ele mesmo, o aluno e o saber a ser ensinado, suas ações não são completamente autônomas ou objetivas. O microcosmo onde a Transposição Didática interna se opera não é um sistema fechado em si mesmo, é um ambiente onde se refletem os valores e as expectativas socioculturais em que a escola está inserida, além da própria história de vida dos sujeitos envolvidos, alunos e professor. O ambiente escolar se apresenta, muitas vezes, bastante complexo e dinâmico, gerando variáveis bastante particulares ao processo e, por vezes, até imprevisíveis (ALVES FILHO, 2000).

Um dos fatores que justificam a seleção de saberes e adaptação de conteúdos realizadas pelo professor, já internamente ao ambiente escolar, é o tempo de aprendizagem do aluno. A Transposição Didática apresenta quatro concepções temporais, que são: tempo real, tempo lógico, tempo didático e tempo de aprendizagem (CHEVALLARD, 1991). O tempo real está relacionado ao tempo histórico ao qual os saberes são construídos pelos especialistas. O tempo lógico está relacionado com o encadeamento da apresentação dos conhecimentos para fins de ensino. O tempo didático está atrelado ao que será possível de ser feito na sala de aula. Já o tempo de aprendizagem tem relação com o tempo necessário para o aluno maturar o que foi estudado e compreender estes conhecimentos. De forma geral, o professor não leva a cabo uma seleção teórica dos saberes ao promover a Transposição Didática interna, ele busca responder às questões práticas de extensão e fragmentação do saber compatíveis com o tempo didático real de sala de aula, além de, sempre que possível, estimar os tempos médios de aprendizagem que lhe são familiares nas classes onde atua.

Desta forma, uma Transposição Didática representa um processo de transformações e adaptações que constroem o objeto de ensino que será legitimado tanto epistemologicamente quanto culturalmente (CHEVALLARD, 1991). De acordo com Gabriel (2001), todas as instâncias envolvidas na Transposição didática estão imersas em um mesmo contexto social. Este contexto está compreendido por um conjunto de sistemas didáticos, circundados por uma sociedade leiga e por uma sociedade de especialistas. Todo este entorno do sistema de ensino e do sistema didático irá influenciar nas escolhas realizadas ao longo de toda a Transposição Didática (CHEVALLARD, 1991).

5.3 Como compatibilizar estes critérios

Diferentemente dos conteúdos curriculares das ciências, da física no nosso caso, já plenamente estabelecidos por décadas nos currículos, livros didáticos e consolidados pelas diversas avaliações institucionais e governamentais, os temas de história da ciência e das artes para o ensino das ciências ainda não apresentam claramente quais saberes devem ser ensinados. Diversas pesquisas educacionais já constataram a presença destes conteúdos em livros didáticos e materiais de divulgação científica, entretanto, estas pesquisas constataram também a predominância de pequenas narrativas anacrônicas, trechos simplificados em demasia e anedotas carregadas de juízos de valor e de concepções distorcidas (FORATO; PIETROCOLA; MARTINS, 2011). Estes usos da história da ciência fomentam uma visão equivocada da ciência e de sua construção, contribuindo de forma prejudicial para o ensino de ciência (ALLCHIN, 2011; EL-HANI, 2006; GIL PÉREZ *et al.*, 2001; MARTINS, 1998).

Desta forma, nos deparamos com alguns desafios relativos à nossa proposta de ciência e arte, em uma perspectiva histórico-cultural. Como não há clareza sobre o que seria ou o que não seria viável de ser abordado destas temáticas, em sala de aula, deveremos proceder certa Transposição Didática da história e filosofia da ciência, da história da arte e dos conteúdos culturais apropriados. Assim, deveremos produzir um Saber a Ensinar que deverá conciliar a dimensão histórico-epistemológica com a didático-pedagógica, atendendo aos nossos objetivos pedagógicos e harmonizando a necessária descontextualização, dessincretização e despersonalização desses saberes acadêmicos com os critérios historiográficos, de modo a evitar pseudo-histórias. Tudo isso sempre

levando em conta o tempo didático, a limitada carga horária da disciplina que receberá tal saber e o tempo de aprendizagem dos alunos.

A necessária descontextualização, dessincretização, despersonalização dos saberes acadêmicos constituem uma parte sensível deste trabalho, devido ao fato de que os saberes históricos que trataremos serão separados do seu contexto de origem e do seu tempo de desenvolvimento. Assim, deveremos buscar um meio termo que torne o Saber a Ensinar atemporal e desvinculado do seu contexto, mas sem desvinculá-lo dos fatos históricos a ele atrelados. Ou seja, deveremos tentar preservar os elementos imprescindíveis à construção dos conhecimentos que pretendemos abordar, tanto quanto possível.

Para não incorrer em deformações graves, como as mencionadas anteriormente, também deveremos manter atenção a dimensão histórico-temporal em uma perspectiva diacrônica, ou seja, devemos buscar entender os fatos e acontecimentos em sua progressão temporal de desenvolvimento. Mesmo que o tempo didático seja diferente do tempo real de desenvolvimento histórico, não poderemos inverter ou subverter sequências históricas a pretexto da didatização do saber. Deveremos, também, nos atermos a necessidade intrínseca aos estudos históricos de tratar o passado em seus próprios termos, sem atribuir termos modernos a essas concepções. Por exemplo, não devemos utilizar o termo impulso, ou mesmo força, ao discutirmos o conceito de impetus, de Joannes Philoponus (490 - 570), uma vez que estes conceitos não estão inseridos no mesmo contexto. Há também a necessidade de se apresentar uma razoável quantidade de elementos e discuti-los com relativa profundidade para que não incorramos em pseudo-história. Surge então o dilema crucial do aprofundamento versus a simplificação dos acontecimentos, que pode dificultar em muito o aprendizado, no primeiro caso, ou acarretar distorções históricas inaceitáveis, no segundo caso. Nesse sentido, devemos buscar selecionar os detalhes que podem ser omitidos, sem comprometer a narrativa, e aqueles que são imprescindíveis às discussões.

De acordo com Martins (2005A), devemos delinear um recorte histórico adequado para, assim, minimizar a ocorrência de relatos anacrônicos muito superficiais, como as grandes sínteses e as reconstruções racionais. O estudo dos fatos históricos requer um objeto de pesquisa limitado temporalmente e com uma temática bem clara. Nesse caso devemos analisar o contexto de cada situação educacional, seu público-alvo, e a própria

temática escolhida para tentarmos encontrar os melhores recortes. Para auxiliar no entendimento de qual situação pode ser mais favorável para um determinado aspecto e em qual pode ser considerado “desnecessário” para o objetivo pretendido, os objetivos pedagógicos, o nível de escolarização, os pré-requisitos e o tipo de abordagem podem ajudar.

A própria escrita, ou textualização da narrativa histórica, também deve ser cuidada. Ao construirmos um texto histórico muito simplificado, mas plenamente compreensível para os alunos, poderemos incorrer no risco de narrar uma pseudo-história. Por outro lado, relatos comprometidos em demasia com a fidedignidade histórica podem apresentar linguagem incompreensível para os alunos.

Todos estes dilemas exigem um bom embasamento teórico e um razoável conhecimento empírico do ambiente educacional onde a transposição didática será efetivamente utilizada. Por este fato que alguns pesquisadores apoiam a ideia de que a aproximação entre historiadores da ciência e professores representa uma grande oportunidade de melhorar a qualidade e efetividade do uso de HFC no ensino de ciências (FORATO; BRAGA; GUERRA, 2014). Isso porque as abordagens de HFC acabam dependendo do contexto de utilização da história e das metas pedagógicas pretendidas no seu uso, para se tornarem possíveis de serem utilizadas. Ao mesmo tempo, para que consigam produzir nos alunos os melhores efeitos esperados para as abordagens de HFC no ensino, estas narrativas devem se aproximar o máximo possível dos requisitos historiográficos apontados.

5.4 Escolha do tema, da abordagem e do nível educacional

O conceito de quarta dimensão, na física, representa uma ideia muito rica e interessante, conforme poderá ser percebido nas discussões do capítulo 9. A escolha deste tema para pesquisa foi motivada pelo fato do autor desta tese já lecionar a disciplina de Física Moderna 1, em uma licenciatura em física, por alguns períodos consecutivos e desejar desenvolver um trabalho educacional no âmbito das disciplinas específicas de física. A ideia de uma quarta dimensão dá margem para a imaginação e sempre gerou perguntas e debates muito curiosos e interessantes em sala de aula. Principalmente porque, na maioria das vezes, os alunos ainda não têm clareza sobre a dimensão temporal

deste conceito, quando começam os estudos da Teoria da Relatividade. No entanto, desde o início dos trabalhos não tínhamos a ideia de discutir tal tema em termos da cultura contemporânea, utilizando de analogias ou paralelos com a cultura atual, e sim buscar as relações do contexto histórico da elaboração deste conceito e, também, como um elemento motivador para os estudos de física moderna.

Ao iniciarmos os estudos em busca dos referenciais teóricos para nosso trabalho, que nos possibilitaram elencar os princípios/objetivos apresentados na seção 4.2, também iniciamos as pesquisas buscando entender o conceito de quarta dimensão, suas origens e como ela era entendida em seu período de formulação. Ao estudarmos este assunto, fomos percebendo que este conceito representava um verdadeiro *Zeitgeist*, uma vez que diversas vertentes da cultura europeia deste período dialogavam, em alguma medida, com esta ideia. Assim, esta constatação se tornou o eixo central do nosso trabalho. Como ficará patente nos capítulos 7, 8, 9 e 10, a ideia de quarta dimensão se fez presente na filosofia, na literatura, na física, nas artes plásticas e em outros campos da cultura (HENDERSON, 2013; BLACKLOCK, 2018). Este fato, percebido ao nos aprofundarmos nesse tema, nos fez entender como esta ideia poderia servir de ponto de convergência para tornar coerente uma proposta de ciência e arte e que estruturar a mesma sob um viés histórico-cultural poderia ser muito promissor. Ou seja, desde o início já tínhamos em mente um tema, com o estudo deste tema identificamos que as relações entre ciência e arte poderiam ser apresentadas de forma muito coerente e inequívoca pelo mesmo. Com isso, a forma de abordagem também ficou clara para nós. Assim, nosso recorte cronológico ficou definido como o período entre o final do Século XIX e a primeira metade do Século XX.

Com base nos apontamentos de Martins (2007; 2012), que apresenta alguns entraves para a aplicação de HFC no ensino, nos convencemos de que direcionar o foco do trabalho para a disciplina obrigatória mencionada e não para disciplinas eletivas/optativos ou as do ciclo pedagógico/educacional, como práticas de ensino ou instrumentação, era uma decisão acertada. Nesses estudos, são apresentados argumentos que mostram a baixa eficácia de abordagens de HFC em cursos de formação de professores no formato de disciplinas isoladas ou em disciplinas de caráter mais pedagógico. Segundo Martins (2007), uma disciplina isolada, separada das disciplinas específicas de física, não é capaz de superar os longos anos a fio em que os alunos são submetidos a aulas de ciências em um formato que, em geral, apresenta os conteúdos em

um viés ainda positivista e que privilegia aspectos ingênuos de NdC, como a visão empirista, ahistórica e focada em grandes gênios da ciência (MARTINS, 2012; GIL PÉREZ *et al.*, 2001).

Desta forma, os textos histórico-artístico-culturais que compõem o corpo desta tese, capítulos de 6 a 10, servem a dois propósitos, corroborarem com as discussões teóricas apresentadas até aqui e, também, representarem material de estudo para amparar o próprio professor que ministraria tal disciplina, que para nosso caso seria o próprio autor desta tese. Ou seja, nossos textos foram focados, primeiramente, para servir de material de leitura para professores de graduação que se interessem em ministrar tal proposta didática em nível de graduação. Estes textos, talvez possam ser utilizados diretamente como material didático para alunos de graduação, no entanto pode ser mais viável que sínteses destes textos possam ser produzidos com este propósito. Procuramos produzir textos que apresentem linguagem bastante acessível, até mesmo para os alunos de graduação, no entanto, tendo em vista algumas conjunturas específicas, é possível que sejam ainda textos extensos e numerosos para sua utilização direta como material didático.

5.4.1 Recortes histórico-culturais

Para escolher as vertentes da cultura que poderíamos abordar, a literatura específica de história da ciência e da arte foi fundamental. Foi através dos trabalhos de Henderson (1988), Henderson (2013) e Blacklock (2018) que conseguimos vislumbrar a abrangência do conceito de quarta dimensão nas diferentes vertentes da cultura e, assim, elencar quais áreas poderíamos tratar de forma satisfatória em uma proposta pedagógica. Decidimos apresentar este conceito na física, obviamente, além de tratar deste tema na literatura de ficção científica, na filosofia popular do hiperespaço e nas artes plásticas.

Nas artes plásticas, esta temática apareceu em diversos movimentos artísticos, com maior ou menor importância, desde o início do século XX e até mesmo na segunda metade deste mesmo século. Decidimos nos restringir em dois dos movimentos mais conhecidos das Vanguardas européias, pois achamos que assim seria melhor em termos didáticos. Nos prendemos ao Cubismo e ao Surrealismo, pois são movimentos artísticos

em que as discussões de quarta dimensão fizeram-se presentes e são movimentos que os alunos, em geral, já ouviram falar.

Nossos textos, apesar de serem originais, não representam contribuições novas para a área da história da ciência e história da arte, mas são produto de nossa intenção de contribuir para o ensino de física com base nas abordagens de HFC e foco na relação entre ciência e arte. O principal objetivo desses textos é promover narrativas históricas adequadas, historiográfica e didaticamente, ao contexto de professores, não especialistas em HFC ou história da arte. A linguagem utilizada nesses textos possibilita a sua utilização direta com os alunos, no entanto, pode ser interessante a produção de material didático mais sintético para reduzir a quantidade e extensão destes textos, favorecendo assim o tempo didático. A principal motivação inicial para sua produção vem dos apontamentos de Martins (2007), a respeito das dificuldades de encontrar material didático adequado para a proposta de HFC no ensino. Além disso, a qualidade dos materiais didáticos produzidos, de divulgação científica e popularização da História da ciência, já foram apontados como problemáticos por Martins (1998; 2014).

Buscando não incorrer nos mesmos problemas aqui citados, tomamos como ponto de partida elencar parâmetros fundamentais para a produção de textos que fossem adequados para o uso didático e que, inexoravelmente, alcançassem a qualidade historiográfica necessária. Assim, embasados pelas discussões realizadas nos capítulos 4 e no presente capítulo, sintetizamos as ideias a respeito dos critérios historiográficos em quatro parâmetros, bastante amplos, que pudessem conduzir nosso trabalho em busca da produção de textos adequados para o nosso propósito.

1º - Evitar a construção das narrativas que reforçam uma visão linear, simplista, elitista, neutra e ingênua da ciência, produtora de provas irrefutáveis, apoiadas em um suposto método científico universal (MCCOMAS; ALMAZROA; CLOUGH, 1998; GIL PÉREZ *et al.*, 2001; MOURA; GUERRA, 2016).

2º - Evitar narrativas anacrônicas, ou seja, que interpretam e julgam os acontecimentos históricos baseando-se em valores, ideias e crenças que não os do contexto original (FORATO; MARTINS; PIETROCOLA, 2009).

3º - Valorizar o contexto social na construção da ciência, explorando as contribuições de outras formas de conhecimento como as artes, os ofícios práticos, as questões religiosas, místicas etc (GUERRA; REIS; BRAGA, 2013).

4º - Buscar compreender as concepções científicas do passado em seu contexto, e não como “precursoras” das ideias do presente (SCHMIEDECKE; PORTO, 2014; GUERRA; REIS; BRAGA, 2013).

Estes quatro parâmetros foram sintetizados principalmente dos apontamentos histórico-epistemológicos apresentados na seção 5.1 e foram reforçados pelas recomendações feitas por Martins (2005A) em seus apontamentos historiográficos para a descrição de episódios históricos. Nossa preocupação também se voltou para a superação da persistente dicotomia entre internalismo e externalismo da história das ciências. Nesse aspecto, focamos o trabalho na busca pelo contexto em que os conhecimentos científicos ocorreram, buscando expor as questões externas a ciência e que compõem seu contexto de época, mas tentando, quando possível, conectar estas às questões específicas da cultura científica ao qual estamos trabalhando. Procuramos sempre contrapor as fontes secundárias com as fontes primárias que nos serviram de referência, para construir uma narrativa condizente com os critérios apontados.

Outro importantíssimo aspecto, que levamos em conta, diz respeito aos requisitos necessários para as Transposições Didáticas dos conhecimentos acadêmicos para um formato adequado à educação (CHEVALLARD, 1991). Em parte, os processos de dessincretização, de despersonalização, foram facilitados pela apresentação feita pelos textos secundários de Henderson (2013) e Blacklock (2018) que, apesar de serem textos especializados, não apresentam linguagem hermética. Entretanto, são textos muito amplos e aprofundados, então tivemos que selecionar nesses textos os pontos primordiais para o entendimento de como a filosofia do hiperespaço, as artes plásticas e a literatura de ficção científica dialogaram com o conceito de quarta dimensão. Diversos elementos tiveram que ser omitidos, mas acreditamos ter conseguido apontar os personagens e ideias-chave para o entendimento de tais discussões.

Para nos adequarmos ao requisito de publicização da Transposição Didática, insistimos na busca por um ideal de clareza didática para nossa escrita, tendo em vista que eles servirão de material de leitura para um público que, em geral, não está familiarizado com a linguagem de HFC. Entretanto, não poderíamos nos esquecer de manter atenção redobrada à ocorrência dos quatro parâmetros apontados como requisitos para garantir a qualidade histórico-epistemológica dos textos que produzimos.

Na elaboração destes textos, percebemos que algumas das discussões importantes para esta proposta precisam de pré-requisitos que, possivelmente, professores e alunos que se apropriem deste trabalho, posteriormente, também não possuem. Isso nos levou a incluir textos auxiliares, apêndices B, C e D deste trabalho, para auxiliá-los. Incluímos então algumas discussões sobre a história da geometria grega e um detalhamento sobre o livro "Os Elementos", de Euclides, no apêndice B. No apêndice C discutimos os conceitos de espaço e forma nas artes plásticas e a questão do realismo e idealismo na arte e na ciência. Finalizamos com o apêndice D, onde colocamos um resumo sobre os principais movimentos artísticos desde a renascença até o final do século XIX, para um melhor entendimento dos movimentos da Vanguarda do início do século XX.

Nos próximos capítulos iremos apresentar os textos de caráter histórico-cultural que produzimos, seguindo os critérios discutidos e almejando alcançar os objetivos/princípios que apontamos anteriormente.

6. As Geometrias Não-Euclidianas e a Quarta Dimensão

O conceito de quarta dimensão, tema principal desta tese, não é decorrência direta das geometrias não-euclidianas, mas estas discussões também permearam os meios em que este conceito estava presente e, por isso, são dignas de serem aqui mencionadas. O conceito de quarta dimensão está mais diretamente envolvido com os estudos das geometrias n-dimensionais que, apesar de muitos confundirem suas correlações, difere conceitualmente das geometrias não euclidianas. Uma geometria pode considerar um número enorme de dimensões e, ainda assim, ser euclidiana. Isso porque, apesar do número elevado de dimensões, as definições e postulados de Euclides podem valer para estas geometrias.

Acreditava-se, até o início do século XIX, que a geometria euclidiana era "verdadeira" e a única geometria possível, tendo em vista que correspondia à realidade perceptível. No entanto, certa insatisfação com seus fundamentos se fazia presente, devido ao caráter não intuitivo do quinto postulado, chamado de postulado das paralelas. Diversos geômetras, desde a antiguidade, tentaram substituir esse postulado por outro mais intuitivo ou mesmo de demonstrá-lo utilizando os outros postulados de Euclides[29] (SILVA, 2006).

As geometrias não-euclidianas são o resultado final ou o desfecho, de certa forma, das tentativas de demonstração do quinto postulado. Somente algum tempo depois das primeiras propostas é que a conscientização de que as novas geometrias que haviam sido desenvolvidas seriam geometrias não-euclidianas (SILVA, 2006).

Os cinco postulados se encontram no livro 1, da obra "Os elementos", e representam a base sobre a qual toda a geometria de Euclides se sustenta. O primeiro postulado define um segmento de reta dizendo: Dados dois pontos distintos, há um único segmento de reta que os une); o segundo postulado lança a ideia de reta: Um segmento de reta pode ser prolongado indefinidamente para construir uma reta; o terceiro postulado define um círculo: Dados um ponto qualquer e uma distância qualquer, pode-se construir uma circunferência de centro naquele ponto e com raio igual à distância dada; o quarto

[29] Apresentamos, nos Apêndices desta tese, um levantamento mais aprofundado sobre o desenvolvimento da geometria Grega e detalhamos a construção e as características da geometria de Euclides, presente em seu livro "Os Elementos".

postulado trata da congruência entre ângulos retos: devemos considerar iguais entre si todos os ângulos retos; por fim, o quinto postulado: Se duas linhas são intersectadas por uma terceira linha de tal forma que a soma dos ângulos internos em um lado é menor que dois ângulos retos, então as duas linhas, se forem estendidas indefinidamente, devem se intersectar em algum ponto neste lado (EUCLIDES, 2009).

Em Os Elementos, Euclides apresenta seus quatro primeiros postulados de forma bastante clara e evidente, não causando estranhezas para nossa intuição geométrica. Entretanto, o seu quinto postulado não se mostra tão evidente como os anteriores. Desde a antiguidade ele tem atraído a atenção dos geômetras que têm buscado, primeiro demonstrá-lo como se fosse apenas um teorema, segundo substituí-lo por outro mais intuitivo. (GREENBERG, 1994).

Mesmo o quinto postulado de Euclides nos parecendo bastante razoável, talvez por estarmos já muito acostumados com os resultados de sua aceitação, não é muito difícil perceber que ele não é tão evidente como um postulado ou axioma deve ser. Segundo Greenberg (1994), um postulado deve ser tão simples e intuitivo que ninguém poderia duvidar de sua validade, entretanto este não é o caso desse postulado euclidiano e, devido a isso, o mesmo foi motivo de dúvida e alvo de ataques desde a antiguidade.

> [...] Os dois primeiros postulados são abstrações de nossas experiências, desenhando com uma régua; o terceiro postulado deriva de nossas experiências desenhando com um compasso. O quarto postulado é talvez menos óbvio como uma abstração; no entanto, deriva de nossas experiências a medição de ângulos com um transferidor (em que a soma dos ângulos suplementares é de 180°, de modo que, se os ângulos complementares forem congruentes entre si, eles devem medir 90° cada um). O quinto postulado é diferente porque não podemos verificar empiricamente se duas linhas se encontram, já que podemos desenhar apenas segmentos, não linhas. Podemos estender os segmentos mais e mais para ver se eles se encontram, mas não podemos continuar estendendo-os para sempre. Nosso único recurso é verificar o paralelismo indiretamente, usando outros critérios além da definição. (GREENBERG, 1994, p. 19-20) (Tradução nossa)[30]

[30] *[...] The first two postulates are abstractions from our experiences drawing with a straightedge; the third postulate derives from our experiences drawing with a compass. The fourth postulate is perhaps less obvious as an abstraction; nevertheless it derives from our experiences measuring angles with a protractor (where the sum of supplementary angles is 180°, so that if supplementary angles are congruent*

6.1 Surgimento das geometrias não-euclidianas.

Mesmo fugindo um pouco do nosso recorte cronológico, nos parece importante mencionar algumas tentativas, anteriores ao século XIX, de demonstração do quinto postulado. Apenas para ilustrar como este problema movimentou esforços, podemos citar algumas destas tentativos, como as: de Ptolomeu (90 - 168), de Proclus (412 - 485), de Thabit ibn Qurra (836 - 910) e Nasir Eddin al-Tusi (1201 - 1274), de F. Commanding (1509 - 1575), de C. S. Clavio (1537 - 1612), de Ga Borelli (1608 - 1679), de Giordano Vitale (1633 - 1711) , de John Wallis (1616 - 1703), de Girolamo Saccheri (1667 - 1733), de Johann Heinrich Lambert (1728 - 1777) e de Adrien Marie Legendre (1752 - 1833) (BONOLA, 1955). Muitas destas tentativas foram infrutíferas e outras se mostraram equivalentes ao postulado de Euclides, no entanto, o que viria logo após estes personagens iniciaria uma modificação radical na história da geometria.

Um trabalho que não resultou em comprovação, dedução ou elaboração de um novo ponto de vista, mas que ainda assim é digno de nota, foi o de Girolamo Saccheri[31]. Mesmo não obtendo sucesso com seu trabalho, sua metodologia e algumas de suas observações prepararam o caminho para o trabalho de outros geômetras posteriores, que vieram a desenvolver as geometrias não-euclidianas (EVES, 1992). Segundo Greenberg (1994), pouco antes de morrer, ele publicou um pequeno livro intitulado "*Euclidis ab omni naevo vindicatus"* (Euclides Liberto de Todas as Falhas), que só ficou conhecido um século e meio depois, quando o matemático italiano Eugenio Beltrami (1835-1900) o descobriu.

O caminho utilizado por Saccheri foi o de *reductio ad absurdum* (redução ao absurdo), onde ele assume a negação do postulado das paralelas e, assim, tentou deduzir o mesmo por contradição (GREENBERG, 1994).

---

to each other, they must each measure 90°). The fifth postulate is different in that we cannot verify empirically whether two lines meet, since we can draw only segments, not lines. We can extend the segments further and further to see if they meet, but we cannot go on extending them forever. Our only recourse is to verify parallelism indirectly, by using criteria other than the definition. (GREENBERG, 1994, p. 19-20)

[31] Giovanni Girolamo Saccheri foi um padre jesuíta e matemático italiano. Nascido em Sanremo, Saccheri entrou para a Ordem dos Jesuítas em 1685 e tornou-se padre em 1694. Foi pupilo do matemático Tommaso Ceva e publicou vários trabalhos incluindo *Quaesita geometrica*, logica demonstrativa e *Neo-statica*. Disponível em: < https://pt.wikipedia.org/wiki/Giovanni_Gerolamo_Saccheri> visitado em: 04/08/2019.

> A tentativa de demonstração por absurdo de Saccheri, em 1733, pode ser considerada a primeira a mostrar a possibilidade de construir uma nova geometria coerente e diferente daquela postulada por Euclides, embora o próprio Saccheri não tenha visto isso. A introdução de uma nova geometria só veio mesmo a acontecer com os trabalhos de Lobachevsky (1829) e Bolyai (1832). (SILVA, 2006, p. 5)

A hipótese assumida por Saccheri foi de que a proposição a ser provada era falsa. Ao se buscar a prova de falsidade pode-se chegar à prova da verdade, caso não se consiga uma conclusão de falsidade. Assumindo que as primeiras 28 proposições de Euclides são válidas e a hipótese de que o quinto postulado é falso, ele buscou uma contradição do quinto postulado com as demais proposições (SILVA, 2006).

Ele estudou os quadriláteros cujos ângulos de base são retos e os lados adjacentes à base são congruentes entre si. Estes quadriláteros, mesmo ficando conhecidos como quadriláteros de Saccheri, já tinham sido estudados por Thabit ibn Qurra, por Omar Khayyam e por Nasir Eddin al-Tusi, muitos séculos antes (GREENBERG, 1994).

Em termos da geometria de Euclides, em um quadrilátero de lados AD e BC iguais e fazendo ângulos retos com a base AB, os ângulos $\hat{C}$ e $\hat{D}$ também formarão ângulos retos, Figura 6.1. No entanto, o quinto postulado é necessário para provar essa afirmação. Saccheri assumiu a tentativa de negar tal postulado, assumindo assim a hipótese de que eles podem ser agudos ou obtusos, caso uma dessas possibilidades se confirmasse, o quinto postulado seria negado (GREENBERG, 1994; SILVA, 2006).



Figura 6.1 - Quadrilátero de Saccheri.

Fonte: Bonola (1955).

Assim, estabeleceram-se três possibilidades para Saccheri:

1ª possibilidade - hipótese do ângulo reto, ou seja, $\hat{C} = \hat{D} = 90° \therefore AB = CD$

2ª possibilidade - hipótese do ângulo obtuso $\hat{C} = \hat{D} > 90° \therefore AB > CD$

3ª possibilidade - hipótese do ângulo agudo $\hat{C} = \hat{D} < 90° \therefore AB < CD$

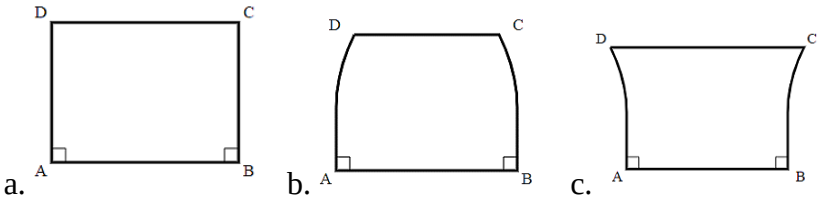


Figura 6.2 - Possibilidades para o quadrilátero de Saccheri.
Fonte: Bonola (1955).

Não é difícil perceber que os ângulos da cúpula são congruentes, isto é $\hat{C} = \hat{D}$, o que resta a fazer é demonstrar em quais possibilidades estes ângulos se confirmam. Buscando provar 1ª hipótese, que é consistente com a geometria euclidiana, Saccheri tentou mostrar que a 2ª e 3ª hipóteses levavam a contradições. Ele conseguiu mostrar que a 2ª hipótese leva a uma contradição, no entanto, por mais que tentasse, ele não conseguiu extrair uma contradição do caso 3, hipótese do ângulo agudo[32] (GREENBERG, 1994).

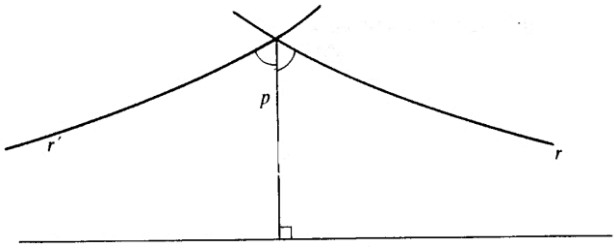


Figura 6.3 - Possibilidades geométricas, caso a 3ª hipótese se confirmasse.
Fonte: Bonola (1955).

Se a terceira hipótese de Saccheri fosse válida, teríamos relações geométricas conforme as apresentadas na Figura 6.3. Nessa figura, tendo sido dada uma linha horizontal e um ponto P, fora desta linha, poderíamos obter três tipos ou famílias de linhas: 1º - família infinita de linhas que se encontram com a linha horizontal; 2º - família infinita de linhas que nunca se encontram com a linha horizontal; 3º - duas linhas que são assintóticas a linha horizontal e que separam as duas primeiras famílias (SILVA, 2006).

[32] A demonstração de Saccheri e todas as tentativas mais importantes de demonstração do quinto postulado de Euclides podem ser consultadas em BONOLA (1955); *"Non-Euclidean Geometry: A Critical and Historical Study of its Development"*, 1955.

Apesar de nossa rejeição inicial para tais condições, seguindo nosso ponto de vista euclidiano, elas são possibilidades logicas que se confirmaram posteriormente com Lobachevsky e Bolyai.

Segundo Silva (2006), eram dois os caminhos possíveis para a geometria durante o século XVIII, o da trigonometria esférica, ligada aos estudos astronômicos; e o da geometria plana, baseada no trabalho de Euclides. Foi baseado na trigonometria esférica que o matemático suíço-prussiano Johann Heinrich Lambert (1728 - 1777) propôs associar a hipótese do ângulo agudo a uma esfera de raio imaginário. Ele estudou quadriláteros de três ângulos retos para investigar as implicações da hipótese do ângulo agudo de Saccheri. Este quadrilátero é conhecido, atualmente, como quadrilátero de Lambert, no entanto, esta configuração já tinha sido estudada sete séculos antes por Ibn al-Haytham (GREENBERG, 1994).

Lambert, assim como Saccheri, rejeitou a hipótese do ângulo obtuso mostrando que essa hipótese conduzia a possibilidade de duas perpendiculares a uma mesma linha se encontrarem. A aceitação desta hipótese atribuiria propriedades às figuras planas equivalentes às de figuras traçadas sobre uma esfera e, nesse caso, teríamos as linhas retas como círculos máximos[33]. Considerando esta hipótese, não teríamos as propriedades das linhas retas que conhecemos de Euclides e, assim, não seria possível refutar a hipótese do ângulo obtuso, pois os círculos máximos se encontram em mais de um ponto. Lambert também passa perto do que viriam a ser os futuros trabalhos de Bolyai e Lobachevsky, mas rejeita estas ideias e não dá sequência a elas (SILVA, 2006).

Alguns historiadores mencionam Gauss como um dos fundadores da geometria não-euclidiana, mesmo não tendo ele apresentado uma teoria própria sobre o assunto. Entretanto, a partir de várias cartas suas, pode-se inferir que este era, realmente, um de seus interesses. Em uma de suas cartas trocadas com Wolfgang Bolyai[34], que já se detinha no assunto há 40 anos, Gauss expõe seu interesse no assunto, no entanto não publicou nenhum trabalho em que discutia a possibilidade da existência de uma geometria diferente da de Euclides (GREENBERG, 1994).

---

[33] Circunferência obtida intersectando a esfera com um plano que contenha o centro dessa esfera. Essa circunferência é chamada de círculo máximo. O equador, na superfície da Terra, é um bom exemplo de círculo máximo. Já os trópicos de câncer e capricórnio não são círculos máximos.

[34] Pai de Janos Bolyai (1802-1860). Foi Janos que realizou significativa contribuição para o desenvolvimento das geometrias não-euclidianas.

Gauss troca correspondências com diversos matemáticos que estão envolvidos com este assunto e é, no mínimo, surpreendente que ele mantivesse receio de tornar públicos seus trabalhos direcionados a geometria não-euclidiana. Segundo Greenberg (1994), em carta dirigida ao matemático Franz Adolph Taurinus (1794 - 1874), Gauss menciona:

> A suposição de que a soma dos três ângulos é inferior a 180° leva a uma geometria curiosa, bem diferente da nossa (a euclidiana), mas perfeitamente consistente, que desenvolvi para toda a minha satisfação, para que eu possa resolver qualquer problema em com exceção de uma determinação constante, que não pode ser projetada *a priori.* [...] Todos os meus esforços para descobrir uma contradição, ou inconsistência, nessa geometria não-euclidiana não tiveram sucesso, e uma coisa que é contrária às nossas concepções é que, se for verdade, deve haver em um espaço de magnitude linear, determinado por si mesmo (mas desconhecido para nós). Mas parece-me que sabemos, a despeito das palavras de sabedoria dos metafísicos que nada dizem, muito pouco ou quase nada sobre a verdadeira natureza do espaço, considerá-lo absolutamente impossível, o que nos parece antinatural. Se essa geometria não-euclidiana fosse verdadeira, e fosse possível comparar essa constante com grandezas como as que encontramos em nossas medições na Terra e nos céus, ela poderia então ser determinada a posteriori. (WOLFE, 1945, pág. 46-47 apud GREENBERG, 1994, p. 181-182) (Tradução nossa)[35]

Ao mencionar "Os metafísicos", Gauss está se referindo aos seguidores de Immanuel Kant, o supremo filósofo europeu no final do século XVIII e grande parte do século XIX (GREENBERG, 1994). As descobertas de Gauss da geometria não-euclidiana refutam a posição de Kant sobre o espaço euclidiano ser inerente à estrutura de nossas mentes. No livro, "Crítica da Razão Pura" (1781), Kant afirmava que o conceito de espaço

---

[35] *The assumption that the sum of the three angles is less than 180° leads to a curious geometry, quite different from ours [the Euclidean], but thoroughly consistent, which I have developed to my entire satisfaction, so that I can solve every problem in it with the exception of the determination of a constant, which cannot be designated a priori. [...] All my efforts to discover a contradiction, an inconsistency, in this non-Euclidean geometry have been without success, and the one thing in it which is opposed to our conceptions is that, if it were true, there must exist in space a linear magnitude, determined for itself (but unknown to us). But it seems to me that we know, despite the say-nothing word-wisdom of the metaphysicians, too little, or too nearly nothing at all, about the true nature of space, to consider as absolutely impossible that which appears to us unnatural. If this non-Euclidean geometry were true, and it were possible to compare that constant with such magnitudes as we encounter in our measurements on the earth and in the heavens, it could then be determined a posteriori.* (WOLFE, 1945, pág. 46-47 apud GREENBERG, 1994, p. 181-182)

euclidiano é uma necessidade inevitável do pensamento e não algo que se origine das experiências empíricas, conforme discutiremos no Capítulo 7 (GREENBERG, 1994).

Enquanto Gauss desenvolvia sua geometria diferencial, dois trabalhos de extrema importância para o surgimento das geometrias não euclidianas foram os do Russo Nikolai Lobachevsky (1792-1856) e do húngaro Janos (Johann) Bolyai (1802-1860). Ambos os matemáticos desenvolveram, independentemente, suas teorias relativas ao postulado das paralelas, seguindo o modelo axiomático de Euclides (SILVA, 2006).

O jovem Janos Bolyai despertou seu interesse na teoria das paralelas sob a influência de seu pai Wolfgang (Farkas) Bolyai (1775-1856) que por vários anos havia buscado uma demonstração satisfatória para o quinto postulado de Euclides e que, no entanto, só havia encontrado formas semelhantes do mesmo postulado (BONOLA, 1955).

Após quase 10 anos estudando o assunto, por volta de 1823 ele compreendeu a verdadeira natureza de seu problema, o que faltava era apenas sua expressão formal. O resultado de seu empenho em resolver o problema das paralelas conduziu ao que ele chamou de "*Teoria Absoluta do Espaço*", publicada em 1832 como um apêndice ao livro de seu pai. Nesse trabalho Bolyai considera a possibilidade de que, dados uma reta e um ponto fora desta reta dada, mais de uma paralela poderia passar por este mesmo ponto, o que contraria uma das consequências do quinto postulado de Euclides (SILVA, 2006).

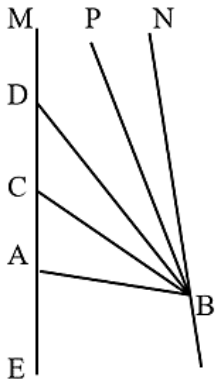


Figura 6.4 - Diagrama para demonstrar a definição de paralelas de Bolyai.
Fonte: Bonola (1955).

A definição de paralelas de Bolyai não exige uma relação continuamente equidistante entre os raios que são paralelos, isso nos leva a interpretação de que o raio BN é assintótico a AM, para que estes não se cruzem, Figura 6.4. Com esta ideia e mais

algumas outras, extraídas desta, Bolyai demonstrou uma série de teoremas, todos independentes do quinto postulado de Euclides.

Outro grande nome ligado ao desenvolvimento das geometrias não euclidianas foi Nikolai Ivanovitsch Lobachevsky (1793-1856), que publicou pela primeira vez seu trabalho a este respeito em 1829. Este trabalho foi anterior ao de Bolyai (em 1832), no entanto permaneceu desconhecido por bastante tempo, talvez por ter sido escrito em Russo. Este trabalho apresentava os princípios básicos de sua Geometria Imaginária ou *Pangeometria*. No período de 1835 a 1840, Lobachevsky publicou outros cinco trabalhos em que discutia a relação da geometria imaginária, além de elucidar seus princípios e aplicações (SILVA, 2006).

Diferentemente de Bolyai, a principal motivação para o trabalho de Lobachevsky foi a impossibilidade de demonstração do quinto postulado de Euclides. De qualquer forma, tanto a sua *Pangeometria* como a Teoria do Espaço Absoluto, de Bolyai, levaram a alternativas para o quinto postulado as quais: através de um determinado ponto, fora da dada linha, mais de uma linha pode ser desenhada de modo que não cruze a linha dada (HENDERSON, 2013).

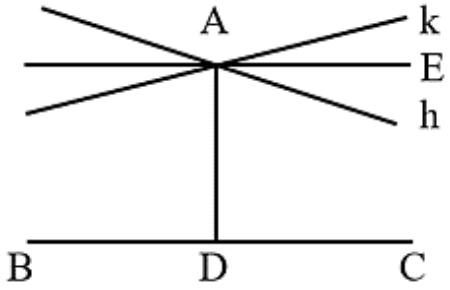


Figura 6.5 - Diagrama de Lobachevsky para o paralelismo de linhas.
Fonte: Bonola (1955).

Segundo Silva (2006), Lobachevsky construiu uma nova geometria em que suas bases residem em uma definição para linha reta muito diferente da definição da geometria euclidiana e, consequentemente, atribuiu propriedades diferentes para elas. A definição que Lobachevsky dá para linhas retas mostra que sua proposta é de uma nova geometria em que as retas têm propriedades diferentes daquelas da geometria euclidiana. Em nenhum momento do seu trabalho e em suas anotações ele dá a entender que está pensando em curvas (SILVA, 2006).

Apesar das muitas semelhanças dos trabalhos de Lobachevsky e Bolyai, como o fato de estruturarem e demonstrarem definições de retas paralelas partindo de um feixe de retas que passam em um ponto, há diferenças significativas em suas propostas. O objetivo estabelecido para a geometria de Lobachevsky é que ela se aplicasse ao mundo físico, por isso ele expressa a necessidade de se testar empiricamente a nova geometria. Já Para Bolyai, a geometria poderia ficar restrita ao plano das ideias (SILVA, 2006).

Lobachevsky acreditava que os conceitos básicos de qualquer ciência são adquiridos por meio de nossos sentidos e que, segundo ele, deveriam ser claros e pouco numerosos. Posições posteriormente também adotadas por Poincaré (1854 - 1912) e Helmholtz (1821 - 1894). Além disso, ele acreditava que não há linhas retas nem curvas, nem superfícies planas nem curvas na natureza. Nela há apenas corpos, de modo que todo o resto é criado por nossa imaginação e existe apenas em teoria. Consequentemente, todos os outros conceitos, por exemplo, conceitos geométricos, são gerados artificialmente por nossa compreensão, que os deriva das propriedades do movimento; é por isso que o espaço em si e por si só não existe (TORRETTI, 1984).

> Além de contradizerem a concepção de espaço aceita até então, com propriedades diferentes para “linhas retas”, a existência de uma nova geometria questionava também a concepção da geometria como uma ciência empírica. Podemos falar de um espaço matemático abstrato, onde as propriedades são definidas a partir de um conjunto de teoremas e axiomas; e um espaço físico que tem suas propriedades admitidas a partir de observações e medições. A geometria como ciência empírica implicava sua aplicação no espaço físico, além de sua formulação para o espaço matemático. (SILVA, 2006, p. 21)

Assim, diferentemente de muitos matemáticos da época, Lobachevsky acreditava que o espaço físico poderia ser representado por um espaço matemático onde a geometria não-Euclidiana fosse válida. Ele acreditava que, na mesma medida em que o espaço físico de Newton era representado pelo espaço matemático Euclidiano, poderia existir um espaço físico para tal geometria não-euclidiana (SILVA, 2006).

Como, para ele, os conceitos geométricos são gerados artificialmente por nossa compreensão e derivados das propriedades do movimento, nossa geometria não se baseia na percepção do espaço, mas constrói um conceito de espaço a partir da experiência. Assim, ele considera possível que possa haver lugar na ciência para duas ou mais

geometrias, governando diferentes tipos de forças naturais (TORRETTI, 1984). Desse modo, a geometria de Lobachevsky poderia ser a única possibilidade de explicação para determinados fenômenos, que ele supôs que poderia ser em experimentos de larga escala como os de medidas astronômicas. Somente nessas escalas havia esperanças de se aplicar a pangeometria no mundo físico. Para isso ele chegou a aplicar sua teoria para determinar a paralaxe de uma estrela e comparar este valor com o encontrado empiricamente (SILVA, 2006).

6.2 Geometria diferencial de Gauss

Como mencionado anteriormente, enquanto Bolyai e Lobachevsky estavam desenvolvendo suas geometrias, Carl Friedrich Gauss (1777-1855) se ocupava do desenvolvimento da chamada geometria diferencial. Ele apresentou à Sociedade Real de Göttingen o trabalho *Disquisitiones generales circa superficies curves*, em outubro de 1827, onde era introduzida a geometria diferencial em superfícies curvas quaisquer.

Segundo Silva (2006), foi nesse trabalho que Gauss conseguiu relacionar a curvatura de uma superfície e a área correspondente a esta curvatura projetada sobre uma esfera auxiliar, encontrando equações para esta curvatura que dependiam das coordenadas intrínsecas à própria superfície. Este trabalho permitiu que ele definisse seu *Theorema Egregium*[36], e construísse uma linguagem em geometria diferencial que, posteriormente, se tornou a base da geometria não-euclidiana de Georg F. B. Riemann (1826 – 1866), por volta de 1854.

Gauss conseguiu determinar a curvatura de uma superfície curva qualquer em função apenas das suas propriedades intrínsecas. Este trabalho foi fortemente influenciado por Lagrange (1736-1813), que parametrizou as equações do movimento e da estática, e por Leonhard Euler (1707-1783), que desenvolveu um método de análise de superfícies curvas usando o cálculo diferencial e integral.

---

[36] O Teorema Egrégio (*Egregium* – "notável") é um resultado fundamental em geometria diferencial de Carl Friedrich Gauss que trata da curvatura das superfícies. O teorema afirma que a curvatura gaussiana de uma superfície fica completamente determinada pela medição de ângulos, distâncias e suas proporções na própria superfície, sem qualquer referência à forma particular em relação ao espaço tridimensional euclidiano.

O resultado deste trabalho de Gauss, muito rapidamente comentado aqui, levou ao já citado *Theorema Egregium*. A ideia principal era que, se a distância entre todos os pares de pontos de uma superfície sobreposta a outra não se altera, então a medida de curvatura em cada ponto permanece inalterada. Segundo este teorema, uma superfície que pode ser desenvolvida sobre um plano, como um cone ou um cilindro, possui curvatura zero. No entanto um plano não pode ser desenvolvido sobre uma esfera sem que ocorra deformação, por isso estes dois últimos não possuem a mesma curvatura (SILVA, 2006). O passo seguinte de Gauss foi a aplicação destas ideias em triângulos sobre superfícies curvas. Para encontrar a curvatura para essa figura, Gauss estabeleceu as propriedades para as "linhas mais curtas" entre pontos dessa superfície, que posteriormente foram chamadas de geodésicas. Com a teoria de Gauss, foi possível encontrar as propriedades de qualquer superfície curva utilizando-se coordenadas intrínsecas a esta superfície.

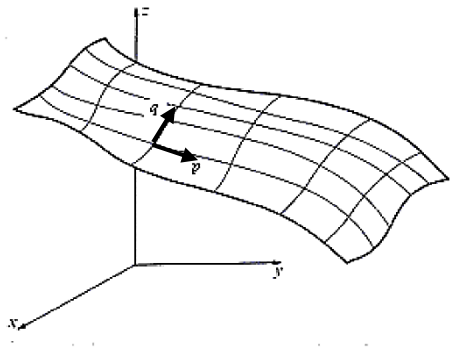


Figura 6.6 - Representação do método desenvolvido por Gauss.
Fonte: (SILVA, 2006, p. 28).

Diferentemente de Bolyai e Lobachevsky, Gauss não estava estudando uma nova geometria, ele estava estudando uma superfície sobre o espaço euclidiano. No entanto também conduziu à possibilidade de que o espaço não era unicamente euclidiano.

Um aspecto importante da geometria das décadas posteriores ao trabalho de Gauss foi sua extensão para casos com mais de três variáveis, por Arthur Cayley (1843) e Hermann Grassmann (1844).

É Cayley que introduz o termo "geometria de n-dimensões", mas apenas desenvolve uma teoria algébrica com n-variáveis. Ambos os termos se referem a mais de

3 dimensões, mas a álgebra de n-variáveis de Cayley não relaciona tais “dimensões” a ideia de dimensões físicas reais, tratam-se apenas de elementos algébricos.

Em 1851, Ludwig Schläfli (1814 - 1895) publicou um trabalho sobre geometria euclidiana multidimensional, em que este seria um caso particular da geometria analítica de n-dimensões. Foi com o trabalho de Riemann, publicado em 1867, que ocorreu a união entre a geometria diferencial e a geometria de n-dimensões, com a consequente mudança no conceito de espaço (SILVA, 2006).

As implicações matemáticas, filosóficas e culturais das geometrias não-euclidianas e das geometrias n-dimensionais foram enormes. Com os trabalhos de Bolyai e Lobachevsky, uma série de questionamentos aos conceitos de espaço foram levantados. A própria filosofia de Kant, onde ele trata da concepção *a priori* do espaço, a unanimidade da existência de três dimensões e a nossa própria noção da realidade foram postas em xeque. A física newtoniana, que se baseava na geometrização do espaço em termos euclidianos, também foi atingida. Como existiam outras geometrias possíveis e bastante coerentes, poderiam também existir outras mecânicas possíveis e válidas para estas outras noções de espaço.

As artes e a cultura do final do século XIX foram fortemente estremecidas por essas ideias. Seus efeitos culminaram em contestações sobre a realidade e em novas formas de entender e representar o mundo em que vivemos. Estas contestações conduziram a entendimentos e consequências muito diversas, conforme discutiremos nos capítulos que se seguem.

7. A Filosofia da Quarta Dimensão (Hiperespaço)

Uma das concepções que brotaram do ambiente científico, filosófico e cultural das últimas décadas do século XIX e das primeiras décadas do Século XX foi a da filosofia da quarta dimensão. Denominada de "Filosofia do Hiperespaço", segundo Henderson (2013), se trata de uma filosofia popular que afirma a realidade de uma quarta dimensão extrassensível do espaço. Esta dimensão extra, além de não se tratar de uma mera suposição matemática, se apresentou como espacial e não como temporal, diferentemente daquela teorizada por Minkowski-Einstein. Seus escritores se opunham completamente a visão positivista, que exigia provas empíricas da quarta dimensão, e assumiram uma posição idealista fazendo referência ao mundo das ideias de Platão ou ao *noumenon*[37], "a coisa-em-si", de Kant. Estes filósofos defendiam que a resposta aos males do positivismo e do materialismo, muito presentes entre os intelectuais no século XIX, era que a humanidade deveria desenvolver sua intuição para que pudesse "perceber" a realidade da quarta dimensão. Mais tarde, a filosofia do hiperespaço se aproximou de uma visão mística do mundo, vinda da Teosofia[38] e dos estudos espiritualistas do físico e astrônomo alemão Johann Zölner (1834 - 1882)[39] (HENDERSON, 2013).

Os principais filósofos do hiperespaço deram significativa importância ao trabalho de Kant, fazendo referência a ele inúmeras vezes em suas obras. No entanto, se utilizaram

---

[37] *Noumenon* vem da palavra grega νοούμενον, que tem tradução livre para o português como "significado", mas que na filosofia kantiana assume a ideia de "a-coisa-em-si", da realidade escondida nos fenômenos percebidos pelos sentidos humanos e que a estes é inacessível.

[38] Do grego clássico (θεός – teos – "Deus" e σοφία – sophia – "sabedoria"; θεοσοφία – "sabedoria divina"). O termo foi cunhado em Alexandria, século III d.C., por Amônio Saccas e Plotino, remontando, assim, a uma dimensão do neoplatonismo. Os Teósofos são, assim, "aqueles que conhecem coisas divinas". A partir do final do século XIX, o termo foi, geralmente, usado para se referir às doutrinas religioso-filosóficas da Sociedade Teosófica fundada em Nova York, em 1875, por Helena Blavatsky, William Quan Judge e Henry Steel Olcott. Disponível em Wikipédia:< https://en.wikipedia.org/wiki/Theosophy_(Boehmian)>. Visitado em 19/05/2019)

[39] Johann Karl Friedrich Zöllner (1834 -1882) foi um astrónomo e físico alemão que, em 1872, ocupou a cadeira de Astrofísica na Universidade de Leipzig, foi membro da Royal Society, da Real Sociedade Astronômica de Londres, da Imperial Academia de ciências Físicas e Naturais de Moscou e de algumas outras sociedades científicas importantes do século XIX. Seu interesse pelos fenômenos espiritualistas o levou a estudar os fenômenos mediúnicos de sua época e defender a ideia de que o universo apresenta uma quarta dimensão, além das três dimensões conhecidas, e que essa dimensão suplementar seria uma extensão da própria matéria, invisível e imperceptível aos sentidos físicos humanos. Para ele, essa quarta dimensão espacial, suprassensível, seria a chave para o entendimento dos fenômenos mediúnicos.

amplamente de algumas poucas ideias de sua obra. Basicamente eles se prenderam à metafísica do espaço de Kant e ao conceito de *noumenon*, abandonando toda a parte ligada a geometria euclidiana, amplamente criticada após o desenvolvimento das geometrias não-euclidianas, e também não se interessaram por nenhuma outra vertente da obra geral kantiana.

Desta forma, mesmo não sendo Kant um filósofo diretamente ligado às discussões do hiperespaço, faz-se necessário que apresentemos as linhas gerais do conteúdo de sua obra que dialogam com esse tema. Isto feito, poderemos melhor entender o contexto filosófico no qual as geometrias não-euclidianas foram elaboradas e que a filosofia do hiperespaço teve seu desenvolvimento. Esta última já do final do século XIX e início do século XX.

7.1 As geometrias e a Filosofia de Kant

De forma muito sucinta, a teoria do conhecimento de Kant, filosofia transcendental ou idealismo kantiano, se fundamenta na busca pela justificação da possibilidade do conhecimento científico do século XVIII. De alguma forma sua filosofia do conhecimento advém do seu esforço para justificar a ciência do seu tempo, frente ao ceticismo de David Hume[40] com respeito ao método empírico-indutivo (SILVEIRA, 2002).

Além disso, à época de Kant, ainda persistia um impasse epistemológico de longa data entre o empirismo britânico e o racionalismo continental. Este impasse que remonta ao racionalismo platônico e ao "empirismo" aristotélico, passando por Bacon e Descartes, diz respeito a possibilidade do conhecimento humano, à certificação de que este conhecimento seja possível e confiável e a forma segura de alcançá-lo. A resposta de Kant para este impasse e para o problema da indução, ligada ao empirismo, não foi

[40] David Hume (1711-1776) foi um filósofo e historiador britânico que desenvolveu uma forma de empirismo radical que defendia o ceticismo filosófico. Ele apontou a deficiência da visão empírico-indutiva da ciência de onde se infere que, de experiências particulares induz-se soluções ou leis gerais. Segundo ele, das impressões dos sentidos, das intuições sensíveis, somente é possível extrair ideias particulares e contingentes, não havendo justificativa para a passagem dos enunciados particulares contingentes para os enunciados universais necessários.

conciliadora, não levou a uma união de ideias, mas a uma epistemologia completamente nova (CAMPOS, 2016).

Para Kant, a dicotomia existente entre empirismo e racionalismo carecia de uma solução intermediária que fosse capaz de dar conta das deficiências de ambos os sistemas e incorporar suas qualidades.

> Não há dúvida de que todo o nosso conhecimento começa com a experiência; pois de que outro modo poderia a nossa faculdade de conhecimento ser despertada para o exercício, não fosse por meio de objetos que estimulam nossos sentidos e, em parte, produzem representações por si mesmos, em parte colocam em movimento a atividade de nosso entendimento, levando-a a compará-las, conectá-las ou separá-las e, assim, transformar a matéria bruta das impressões sensíveis em um conhecimento de objetos chamado experiência? No que diz respeito ao tempo, portanto, nenhum conhecimento antecede em nós à experiência, e com esta começam todos.
>
> Ainda, porém, que todo o nosso conhecimento comece com a experiência, nem por isso surge ele apenas da experiência. Pois poderia bem acontecer que mesmo o nosso conhecimento por experiência fosse um composto daquilo que recebemos por meio de impressões e daquilo que a nossa própria faculdade de conhecimento (apenas movida por impressões sensíveis) produz por si mesma; uma soma que não podemos diferenciar daquela matéria básica enquanto um longo exercício não nos tenha tornado atentos a isso e aptos a efetuar tal distinção.
>
> Há uma questão, portanto, que demanda pelo menos uma investigação mais detida e que, à primeira vista, não deve ser de pronto descartada: se existe tal conhecimento independente da experiência, e mesmo de todas as impressões dos sentidos. Tais conhecimentos são denominados *a priori* e se diferenciam dos empíricos, que têm suas fontes *a posteriori*, i. e., na experiência. (KANT, 2018, p. 45-46) (Grifos nossos)

Ao citar os trabalhos de Galileu, Torricelli e Stahl[41] como referências à forma como a razão e as experiências se complementam na busca do conhecimento, Kant é claro

[41] Georg Ernst Stahl (1659-1734) foi um químico, médico e metalúrgico alemão que, no começo do século XVIII elaborou a Teoria do flogisto, uma teoria de que os corpos combustíveis possuem uma matéria chamada flogisto que era liberada ao ar durante a queima. Essa teoria foi desmentida, no final do século XVIII, pelo químico francês Antoine Lavoisier. Stahl estudou a fundo os processos de combustão de materiais orgânicos, como a madeira ou o carvão e descobriu que os metais seguem o mesmo processo que ele chamou de calcinação (atualmente conhecida como oxidação).

quanto a forma como se dá a conexão entre experiência e razão. Ao expor a inevitável precedência de pressupostos teóricos em uma experiência ele parece antecipar discussões epistemológicas do século XX (SILVEIRA, 2002). Dirigindo-se ao trabalho destes filósofos naturais, ele argumenta:

> Eles compreenderam que a razão só entende aquilo que ela mesma produz segundo seu projeto, e que ela tem de colocar-se à frente, com os princípios de seus juízos segundo leis constantes, e forçar a natureza a responder às suas perguntas em vez de apenas deixar-se conduzir por ela, como que puxada por uma corda; pois do contrário as observações, contingentes e feitas sem nenhum plano previamente concebido, não seriam articuladas sob uma lei necessária, algo que a razão busca e necessita. A razão tem de dirigir-se à natureza com seus princípios numa mão, os únicos sob os quais fenômenos coincidentes podem valer como leis, e com o experimento que concebeu a partir deles na outra; e isso para de fato aprender com ela, mas não na qualidade de um aluno que recita tudo o que o professor quer, e sim na de um juiz constituído que força as testemunhas a responder às perguntas que lhes faz. (KANT, 2018, p. 28)

De forma simplificada, podemos entender que o conhecimento, para Kant, apresenta-se de duas formas. Primeira, aqueles conhecimentos que ele chamou de *"a priori"*, conhecimentos que não são deduzidos de nenhum outro conhecimento, que são estritamente universais, aqueles que nenhuma exceção possa ser admitida para eles e que, então, eles mesmos não são deduzidos da experiência. Segunda, são aqueles conhecimentos denominados de *"a posteriori"*, aqueles que derivam da experiência ou que dela dependem diretamente e, portanto, são inexistentes sem a experiência (KANT, 2018). Dessa forma, então, Kant apresenta a sua inovação epistemológica em relação aos paradigmas empirista e racionalista. Segundo ele, "o conhecimento não é mais regulado pelo objeto, mas pelo sujeito, através de intuições e conceitos transcendentais; ou seja, que já pertenciam ao sujeito antes de qualquer experiência e são condição de possibilidade para que ela aconteça (CAMPOS, 2016, p. 10).

Existe ainda, em Kant, o conceito de juízo, aquilo que expressa uma relação entre conceitos e a eles atribui qualidades. Eles podem ser juízos analíticos, aqueles que são verdadeiros por fazerem parte do próprio sujeito. Por exemplo, a frase: "todos os corpos são extensos". Esta afirmação é um juízo analítico, uma vez que ter extensão no espaço é uma qualidade da própria característica dos corpos. Esta conclusão não se estende para

além da própria definição de corpo. No entanto, se a frase for: “todos os corpos são pesados”, temos um juízo sintético, ou ampliativo, uma vez que precisamos ir além do conceito de corpo para encontrar o peso. Peso é um conceito construído para além da própria definição de corpo. Apesar dos juízos analíticos serem importantes, eles não se constituem em um verdadeiro avanço do conhecimento, pois não dizem nada além daquilo que já está no conceito. O conhecimento efetivamente avança através dos juízos sintéticos, ou ampliativos (KANT, 2018).

Kant defendia, ainda, a existência de uma realidade externa e independente do sujeito, designando-a por: “a coisa em si” ou *noumenon*. Para ele, não temos acesso “a coisa em si”, mas aos efeitos passíveis de impressão em nossos sentidos, de interpretação por nossa razão e, por fim, os fenômenos. Os fenômenos são, assim, a forma como as coisas em si se apresentam para nós após nossa interpretação e que ele chamou de “a coisa para nós”. Daí seguir-se-ia a possível elaboração conceitual e teorização científica.

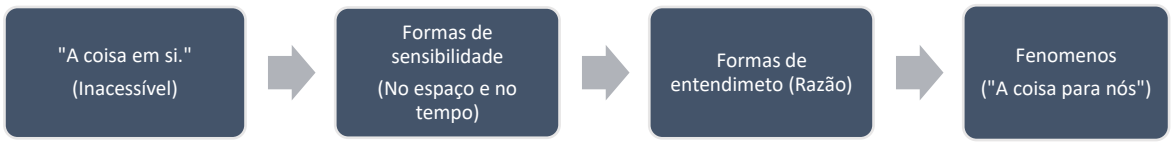


Figura 7.1 - Diagrama do *noumenon*.
Fonte: Adaptado por nós, com base em Silveira (2002, p. 41).

Assim, o Idealismo Transcendental de Kant seria a doutrina pela qual alcançamos o conhecimento através das representações do *noumenon*, da coisa em si. Qualquer fenômeno se constitui das sensações produzidas pelas coisas em si, pela ordenação destas pelas formas a priori da sensibilidade (o espaço e o tempo) resultando nas percepções; então, a razão aplica-lhes as formas a priori do entendimento. Após esta etapa racional, alcançamos a compreensão das coisas para nós. Só a partir daí seria possível a busca por teorizações explicativas destes fenômenos, mas nunca das coisas em si. As duas faculdades cognitivas, a sensibilidade empírica e os *a prioris* da razão, estão indissoluvelmente ligadas e são indispensáveis ao conhecimento (SILVEIRA, 2002).

7.1.1 A filosofia de Kant frente às geometrias não euclidianas

Kant admitia três classes de juízos: os analíticos *a priori*, os sintéticos *a posteriori* e mais os sintéticos *a priori*. Os dois primeiros já eram aceitos antes mesmo de Kant, já os sintéticos a priori foram acrescentados por ele e definidos como necessários e universais, como os juízos analíticos, mas efetivamente ampliam o conhecimento. Para Kant os juízos matemáticos eram todos sintéticos *a priori* (SILVEIRA, 2002).

> Os princípios da geometria não são tampouco analíticos. Que a linha reta seja a mais curta entre dois pontos é uma proposição sintética. Pois o meu conceito de reto não contém nada relativo à quantidade, mas apenas uma qualidade. O conceito de mais curto, portanto, é acrescentado por inteiro a ele e não pode ser extraído por decomposição do conceito de linha reta. É preciso, pois, recorrer aqui ao auxílio da intuição, por meio da qual a síntese é unicamente possível. (KANT, 2018, p. 55)

Para Kant, a geometria euclidiana era o paradigma de conhecimento sintético *a priori* e representou a base para suas argumentações e foi explorada em todos os pontos essenciais ao Idealismo Transcendental. Assim, "[...] a arquitetura argumentativa da Crítica[42], foi construída em uma simultaneidade sucessiva, complexa a tal ponto que um toque reflete em todo a sua estrutura e sua estabilidade depende da força de sua base, a fundação do edifício, a Estética Transcendental e a intuição do espaço nela deduzido" (CAMPOS, 2016, p. 14).

Kant também enfatiza a certeza e a necessidade das proposições geométricas estarem ligadas a um espaço que tem somente três dimensões e que estas não podem ser juízos advindos das experiências, empíricos, mas juízos *a priori*. Na época de Kant, só a geometria euclidiana era conhecida e suas características eram irrefutáveis e evidenciavam, inequivocamente, as propriedades do espaço (CAMPOS, 2016).

> A geometria é uma ciência que determina as propriedades do espaço de maneira sintética, mas também *a priori*. O que tem de ser então a representação do espaço, para que seja possível tal conhecimento? Ele tem de ser originariamente uma intuição; pois a partir de um mero conceito não podem ser extraídas proposições que vão além do conceito, tal como, no entanto, ocorre na

[42] Crítica da Razão Pura, resumido para "Crítica" pelo próprio autor citado, Campos (2016).

> geometria (Introdução, V). Mas esta intuição tem de encontrar-se em nós a priori, i. e., antes de qualquer percepção de um objeto e, portanto, tem de ser pura, não empírica. Pois as proposições geométricas são todas apodíticas, i. e., ligadas à consciência de sua necessidade, como, por exemplo, em "o espaço tem apenas três dimensões"; tais proposições, contudo, não podem ser juízos empíricos ou de experiência, nem ser a partir deles inferidas (Introdução, II). (KANT, 2018, p. 75-76) (Grifos nossos)

Segundo Kant, as duas formas puras da intuição sensível, como princípios do conhecimento *a priori*, eram o espaço e o tempo. Para ele o espaço e o tempo não representavam propriedades das coisas em si, não dependiam do mundo externo, e assim formavam o arcabouço único para representarmos os fenômenos, eram juízos sintéticos *a priori*, assim como a própria geometria euclidiana (CAMPOS, 2016).

Curiosamente, segundo Campos (2016), Kant tinha consciência da possibilidade de outras geometrias. Em seu período pré-crítico, no livro "Ideias Para uma Verdadeira Avaliação das Forças Vivas" (de 1747), Kant propõe uma explicação física da tridimensionalidade do espaço vinculada aos efeitos das forças gravitacionais, forças do inverso do quadrado da distância. Nesse trabalho, Kant afirma que, se essas forças estivessem em outra proporção, haveria possibilidade de outras dimensões espaciais e a geometria seria a ciência encarregada de estudar os espaços possíveis (CAMPOS, 2016). No entanto:

> As visões maduras de Kant sobre a natureza da geometria estão contidas em sua influente discussão sobre espaço e tempo na passagem estética transcendental da Crítica da Razão Pura, na qual Kant parece ter abandonado a visão empirista da geometria, expressa em 1747. Kant surpreendentemente tem pouco a dizer em seus escritos filosóficos sobre o Axioma das Paralelas[43], de Euclides, ou sobre sua relevância para sua teoria da geometria. Ele estava certamente ciente de que os matemáticos haviam tentado provar sem sucesso o Axioma, e que a ausência de uma prova era considerada um problema não resolvido notório; mas na Crítica da Razão Pura, ele não discute o Axioma ou a

[43] Postulado problemático de Euclides, já mencionado na seção 6.1 deste trabalho, que levou diversos matemáticos a tentar uma demonstração para este, tentando validá-lo dentro da geometria euclidiana, e que por fim direcionou outros matemáticos ao desenvolvimento de outras geometrias que não a euclidiana.

> possibilidade de geometrias alternativas. (EWALD, 1999, p. 135) (Tradução nossa)[44]

Talvez Kant tenha sido mais cauteloso, em a "Crítica da Razão Pura", ao admitir que geometrias alternativas tenham possibilidade lógica, entretanto, as construções de tais figuras no espaço não possuíam realidade objetiva. No entanto, com o desenvolvimento das geometrias não-euclidianas, a base do trabalho de Kant se viu vulnerável. Grande parte da argumentação kantiana, na "Crítica da Razão Pura", foi edificada sobre a irrefutável veracidade da geometria euclidiana ao representar o espaço e o mundo físico perceptível. Com o surgimento das novas geometrias no século XIX, tão válidas quanto a de Euclides, novas noções de espaço se formaram e espaços com mais que três dimensões se tornaram altamente consistentes para matemáticos, filósofos e físicos do início do século XX.

7.1.2 A crítica à filosofia da geometria de Kant

Com o desenvolvimento das geometrias não-euclidianas, foram inevitáveis os ataques aos aspectos geométrico-espaciais da obra de Kant e as dúvidas suscitadas, no meio filosófico, ao seu monumental trabalho. De acordo com o que é apresentado por Campos (2016), há duas linhas gerais de ataque à filosofia da geometria[45] em Kant e ambas criticam a tese de que as propriedades do espaço são determinadas de forma sintético *a priori* pela geometria. A primeira linha, defendida por Hermann von Helmholtz (1821-1894) e Hans Reichenbach (1891-1953), afirma que as propriedades do espaço e as proposições geométricas são empíricas (*a posteriori*) e não *a priori.* A segunda frente, defendida por Bertrand Russell (1872-1970), entende que as provas de teoremas geométricos usam apenas conceitos lógicos e não requerem nenhuma intuição.

---

[44] *Kant's mature views on the nature of geometry are contained in his influential discussion of space and time in the Transcendental aesthetic passage of the Critique of Pure Reason, where Kant appears to have abandoned the empiricist view of geometry expressed in his 1747. Kant has surprisingly little to say in his philosophical writings about Euclid's Axiom of Parallels or about its relevance to his theory of geometry. He was surely aware that mathematicians had unsuccessfully attempted to prove the Axiom, and that the absence of a proof was regarded as a notorious unsolved problem; but in the Critique of Pure Reason, he does not discuss the Axiom or the possibility of alternative geometries.* (EWALD, 1999, p. 135).

[45] Devido ao objetivo geral deste trabalho, vamos nos prender às críticas direcionadas ao papel da geometria, na obra de Kant, e à concepção de espaço decorrente dela. Essa restrição se deve ao fato de que serão estes os aspectos importantes para as discussões posteriores sobre a filosofia do hiperespaço.

Conforme definido por Campos (2016), o matemático, físico e médico alemão Hermann von Helmholtz foi um dos primeiros a atacar a teoria do espaço em Kant, frente às novas descobertas em geometria. Suas pesquisas em teoria das cores e campos visuais o conduziram a operações de medidas que exigiram determinadas métricas espaciais que foram a base de sua geometria física e o levaram a criticar Kant (CAMPOS, 2016). Para Helmholtz, as proposições geométricas são empíricas e sua crítica é dirigida contra a concepção kantiana de que o espaço é um sistema de magnitudes que nunca podem ser objeto da experiência. Para ele, uma vez que a ciência lida com as relações entre as coisas reais, todas as suas proposições devem concernir ao mundo material.

Segundo Campos (2016), a estratégia de ataque de Helmholtz foi mostrar que, se existirem outros espaços não-euclidianos, os axiomas da geometria não podem ser uma consequência a intuição *a priori* do espaço. Seguindo esta linha, Helmholtz apresenta os avanços em geometrias não-euclidianas e as alterações métricas e visuais que poderiam ocorrer em um espaço de curvatura zero, conhecido como pseudoesférico.

Como seus estudos se baseavam em óptica, sua comparação geométrica foi de que as imagens nesse mundo não euclidiano citados seriam similares àquelas vistas por alguém que usasse óculos de lentes côncavas. Depois de algum tempo, ele estaria acostumado com tais imagens, da mesma forma que não estranhamos a perspectiva linear de base euclidiana. Helmholtz concluiu que os axiomas da geometria não se sustentam por intuição. Para Helmholtz, a concepção de Espaço presente no Idealismo Transcendental não pode ser aplicada aos objetos reais empíricos (CAMPOS, 2016). No entanto, o próprio Helmholtz afirma que somos absolutamente incapazes de conceber de forma intuitiva uma quarta dimensão.

> As críticas feitas a Kant, embasadas pela geometria visual, pretendem mostrar que geometrias alternativas podem ser também apresentadas à intuição, concorrendo assim com a geometria euclidiana em seu posto de conhecimento sintético *a priori*, o que poderia colocar em dúvida o "argumento da geometria" e o próprio Idealismo Transcendental. (CAMPOS, 2016, p. 76)

Seguindo a linha de Helmholtz e acreditando que seja factível a visualização dos espaços não-euclidianos, o filósofo da ciência Hans Reichenbach acreditava que a concepção de espaço em Kant não se sustentava. Mediante a possibilidade de aplicação

da geometria de Riemann à realidade física e as bases filosóficas de Helmholtz para a visualização de espaços não-euclidianos, a possibilidade de visualização dessas geometrias poderia conduzir a negação da tese kantiana (CAMPOS, 2016).

> As imagens que habitualmente usamos são aquelas da geometria euclidiana. [...] As imagens pelas quais visualizamos a geometria são sempre ajustadas de modo a corresponder às leis que lemos delas; essas leis estão sempre implícitas. A afirmação de que não podemos visualizar a geometria não-euclidiana deve, portanto, ser reformulada: não podemos visualizar a geometria não-euclidiana por meio de elementos euclidianos de visualização. Nesta forma, o resultado é trivial; o que nega é uma impossibilidade lógica. A pergunta deve ser feita de maneira diferente: podemos mudar os elementos produtores de imagens de tal forma que possamos ler as leis da geometria não-euclidiana a partir das novas imagens? Somente dessa maneira podemos tentar uma visualização da geometria não-euclidiana. (REICHENBACH, 1958, p. 44) (Tradução nossa)[46]

Para ele as leis válidas para a visualização influenciam muito mais Kant em seu juízo sintético a priori do que pelo pensamento lógico, dessa forma, a filosofia apriorística resiste às geometrias não-euclidianas pelo fato de não poderem ser visualizadas, mesmo sendo passíveis de uma construção lógica. Ele afirma ainda que tal visualização se torna impossível, ao utilizarmos apenas elementos da geometria de Euclides (CAMPOS, 2016).

Para percebermos a curvatura do espaço, devemos fazê-lo de fora desta superfície, ou seja, para observar um plano, devemos observá-lo a partir de uma terceira dimensão perpendicular a este plano. Pelo mesmo raciocínio, só se pode observar um objeto tridimensional plenamente de uma quarta dimensão. Assim como fazermos para representar a tridimensionalidade de dentro dela, a única saída para uma visualização das geometrias não euclidianas é tentar visualizar curvaturas no espaço a partir de um referencial interno, na 3ª dimensão. Para Reichenbach, a visualização euclidiana é apenas um hábito e este pode ser modificado de acordo com um ajuste de perspectiva. No entanto,

---

[46] *The images which we habitually use are those of Euclidean geometry. [...] The images by which we visualize geometry are always so adjusted as to correspond to the laws which we read from them; these laws are always implied. The statement that we cannot visualize non-euclidean geometry must therefore be reformulated: We cannot visualize non-Euclidean geometry by means of Euclidean elements of visualization. In this form the result is trivial; what it denies is a logical impossibility. The question must be asked differently: Can we change the image-producing elements in such a way that we can read the laws of non-euclidean geometry from the new images? Only in such a manner can we attempt a visualization of non-euclidean geometry.* (REICHENBACH, 1958, p. 43-44)

tal método não deixa de ser uma representação de relações não-euclidianas sobre o espaço euclidiano (CAMPOS, 2016).

Para Campos (2016), os argumentos de Reichenbach apontam para sua intenção de mudar a perspectiva da geometria euclidiana do espaço, exatamente como percebemos figuras sólidas em um papel plano. O método de Reichenbach consiste em "treinar o olhar" para estabelecer congruências na perspectiva tridimensional, de modo que seja possível a apreensão da curvatura do espaço, assim como fazemos com imagens de corpos sólidos em um plano.

A outra vertente da crítica ao trabalho de Kant começa com o matemático e filósofo Bertrand Russell (1872-1970). Para ele, a geometria pura não pode ser sintética, apesar de ser *a priori*, uma vez que deduz consequências que se seguem logicamente de axiomas, já a geometria como um ramo da física é uma ciência empírica, inferida de medidas e não é *a priori*, apesar de sintética, ou seja, a questão das geometrias pura e aplicada coloca em xeque a exposição transcendental (CAMPOS, 2016). Para Russell:

> O argumento transcendental (ou epistemológico), que é mais bem declarado nos *Prolegomena* [em a Crítica da Ração pura], é mais definido que os argumentos metafísicos, e é também mais definitivamente refutável. 'Geometria', como sabemos agora, é um nome que abrange dois estudos diferentes. Por um lado, há uma geometria pura, que deduz consequências de axiomas, sem indagar se os axiomas são 'verdadeiros'; isso não contém nada que não decorre da lógica, e não é 'sintético', e não precisa de figuras como as usadas nos livros-texto geométricos. Por outro lado, há a geometria como um ramo da física, como aparece, por exemplo, na Teoria Geral da Relatividade; essa é uma ciência empírica, na qual os axiomas são inferidos a partir de medições e são diferentes dos de Euclides. Assim, dos dois tipos de geometria, um é a priori, mas não sintético, enquanto o outro é sintético, mas não a priori. Isso elimina o argumento transcendental. (RUSSELL, 2004, p. 649) (Tradução nossa)[47] (Grifo nosso)

[47] *The transcendental (or epistemological) argument, which is best stated in the Prolegomena, is more definite than the metaphysical arguments, and is also more definitely refutable. 'Geometry', as we now know, is a name covering two different studies. On the one hand, there is pure geometry, which deduces consequences from axioms, without inquiring whether the axioms are 'true'; this contains nothing that does not follow from logic, and is not 'synthetic', and has no need of figures such as are used in geometrical textbooks. On the other hand, there is geometry as a branch of physics, as it appears, for example, in the General Theory of Relativity; this is an empirical science, in which the axioms are inferred from measurements, and are found to differ from Euclid's. Thus of the two kinds of geometry one is a priori but*

E ele continua argumentando:

> Vamos agora tentar considerar as questões levantadas por Kant em relação ao espaço de uma maneira mais geral. Se adotarmos a visão, que é dada como certa na física, que nossas percepções têm causas externas que são (em certo sentido) materiais, somos levados à conclusão de que todas as qualidades reais em percepções são diferentes daquelas em suas causas não percebidas, mas há certa semelhança estrutural entre o sistema de percepções e o sistema de suas causas. Existe, por exemplo, uma correlação entre as cores (como percebidas) e os comprimentos de onda (conforme inferidos pelos físicos). Da mesma forma, deve haver uma correlação entre o espaço como um ingrediente nas percepções e no espaço como um ingrediente no sistema de causas não percebidas de percepções. Tudo isso se baseia na máxima 'mesma causa, mesmo efeito', com seu anverso, 'efeitos diferentes, causas diferentes'. (RUSSELL, 2004, p. 649-650) (Tradução nossa)[48]

Em um trabalho mais recente, seguindo o raciocínio de Russell e Reichenbach, encontramos em Friedman (1985) a argumentação de que a geometria pura é o estudo das relações lógicas entre proposições de um sistema de axiomas, enquanto a geometria aplicada busca a verificabilidade e aplicabilidade desse sistema de axiomas no mundo real. Friedman também argumenta sobre o anacronismo das afirmações de Kant sobre a geometria, onde ele entende que:

> O movimento de um objeto no espaço não compete a uma ciência pura, e, portanto, não pertence à geometria; só pela experiência, e não a priori, se pode conhecer que algo seja móvel. Mas o movimento, enquanto descrição de um espaço, é um ato puro da síntese sucessiva do diverso na intuição externa em geral por intermédio da imaginação produtiva e pertence não só à

---

not synthetic, while the other is synthetic but not a priori. This disposes of the transcendental argument. (RUSSELL, 2004, p. 649)

[48] *Let us now try to consider the questions raised by Kant as regards space in a more general way. If we adopt the view, which is taken for granted in physics, that our percepts have external causes which are (in some sense) material, we are led to the conclusion that all the actual qualities in percepts are different from those in their unperceived causes, but that there is a certain structural similarity between the system of percepts and the system of their causes. There is, for example, a correlation between colours (as perceived) and wave-lengths (as inferred by physicists). Similarly, there must be a correlation between space as an ingredient in percepts and space as an ingredient in the system of unperceived causes of percepts. All this rests upon the maxim 'same cause, same effect', with its obverse, 'different effects, different causes'.* (RUSSELL, 2004, p. 649-650)

> geometria, mas também mesmo à filosofia transcendental. (KANT, 2018, p. 142, nota de rodapé)

Contrariamente à Kant, ele afirma que a matemática pura deve ser independente da aplicada. Esse entendimento vai de encontro ao pensamento kantiano, onde o entrelaçamento de ideias físicas e matemáticas é essencial ao seu sistema (FRIEDMAN, 1985).

> A queixa padrão, moderna, contra Kant é a seguinte. Kant não consegue fazer a distinção crucial entre geometria pura e aplicada. A geometria pura é o estudo das relações formais ou lógicas entre proposições em um sistema axiomático particular, um sistema axiomático para a geometria euclidiana, digamos. Como tal, é de fato um anterior e certo (como um *a priori* e certo como a lógica é, pelo menos), mas não envolve apelo à intuição espacial ou qualquer outro tipo de experiência. A geometria aplicada, por outro lado, diz respeito à verdade ou falsidade de tal sistema de axiomas sob uma interpretação particular no mundo real. E, neste contexto, pouco importa se nossos axiomas são interpretados no mundo físico - em termos de raios de luz, cordas esticadas, ou o que quer que seja, ou em termos de realidades psicológicas de pontos de vista ou 'aparências' ou outras entidades fenomenológicas. Em ambos os casos, a verdade (ou verdade aproximada) de qualquer sistema particular de axiomas não é nem a priori nem certo, mas, antes, uma questão de investigação empírica, seja na física ou na psicologia. Essa atitude moderna é sintetizada no famoso ditado de Einstein: 'Na medida em que as leis da geometria se referem à realidade, elas não são certas; e, na medida em que são certas, não se referem à realidade'. Deste ponto de vista, então, Kant interpreta erroneamente o problema desde o início e, consequentemente, seu ensinamento é irremediavelmente confuso. (FRIEDMAN, 1985, p. 455-456) (Tradução nossa)[49]

[49] *The standard modern complaint against Kant runs as follows. Kant fails to make the crucial distinction between pure and applied geometry. Pure geometry is the study of the formal or logical relations between propositions in a particular axiomatic system, an axiomatic system for Euclidean geometry, say. As such it is indeed a prior and certain (as a prior and certain as logic is, anyway), but it involves no appeal to spatial intuition or any other kind of experience. Applied geometry, on the other hand, concerns the truth or falsity of such a system of axioms under a particular interpretation in the real world. And, in this connection, it matters little whether our axioms are interpreted in the physical world – in terms of light rays, stretched strings, or whatever, or in the psychological realm – in terms of "looks" or "appearances" or other phenomenological entities. In either case the truth (or approximate truth) of any particular axiom system is neither a priori nor certain but, rather, a matter for empirical investigation, in either physics or psychology. This modern attitude is epitomized in Einstein's famous dictum: "As far as the laws of geometry refer to reality, they are not certain; and as far as they are certain, they do not refer to reality." From this*

Tendo percorrido os aspectos gerais da obra de Kant e apresentado algumas das críticas ao seu trabalho, no que diz respeito aos aspectos ligados a geometria e ao espaço, será possível entender melhor as ideias discutidas pelos filósofos do hiperespaço.

Um aspecto que será percebido é que os filósofos do hiperespaço se esforçam em tentar tornar visível, no mundo tridimensional, a quarta dimensão. Se esforçam em, ao menos, tornar inteligível à intuição humana esta dimensão extra do espaço. Este fato parece dialogar com as argumentações de Reichenbach e Helmholtz sobre a importância de tornar visível as geometrias não euclidianas, para que essas se tornem inteligíveis para nossa intuição. No entanto, isso se trata de especulação de nossa parte, não encontramos nada na literatura especializada que faça tal ligação.

Como já mencionado superficialmente, a concepção metafísica de espaço em Kant foi muito importante nas discussões dos filósofos da quarta dimensão, ou filósofos do hiperespaço. Após termos descrito, de forma sucinta, os conceitos kantianos que serão importantes para a compreensão do que se seguirá, passaremos para a filosofia do hiperespaço, tema principal deste capítulo e que analisaremos nas seções que se seguem.

7.2 Charles Howard Hinton e a filosofia do hiperespaço

Conforme afirma Henderson (2013), o primeiro filósofo do hiperespaço foi o inglês Charles Howard Hinton (1853-1907). Hinton formou-se em matemática pela *Balliol College de Oxford*. Após uma breve carreira docente na Inglaterra, seguiu para o Japão em 1887, onde foi diretor da Escola Pública, Victoria, em Yokohama e depois trabalhou para o Departamento das Minas. Em 1892, se estabeleceu nos Estados Unidos e lecionou matemática na Universidade de Princeton até 1897 e na Universidade de Minnesota até 1900. Entre os anos de 1901 e 1902, Hinton trabalhou no Observatório Naval. Em junho de 1902, Hinton assumiu um cargo no Escritório de Patentes dos Estados Unidos em Washington DC, onde trabalhou até sua morte em 1907 (HENDERSON, 2013).

---

point of view, then, Kant misconstrues the problem from the very beginning, and, accordingly, his teaching is hopelessly confused. (FRIEDMAN, 1985, p. 455-456)

Seu primeiro artigo sobre o tema foi "*What Is The Four Dimension?*" (O Que é a Quarta Dimensão?), publicado na *Dublin University Magazine* de 1880. Em 1888 ele publicou seu primeiro grande texto, "*A New Era of Thought*"[50] (Uma Nova Era do Pensamento). Nesse período, já tendo saído da Inglaterra e vivido por 5 anos no Japão, ele e família se mudaram para os Estados Unidos e, lá, ele publicou vários artigos sobre a quarta dimensão, tanto textos matemáticos quanto textos populares. Em 1904 ele publicou "*The Fourth Dimension*"[51] (A Quarta Dimensão) e, em 1907 publicou seu último trabalho "*An Episode of Flatland*" (Um Episódio de Flatland), uma elaboração sobre o tema de um de seus contemporâneos, Edwin Abbott Abbott (1838-1926), que discutiremos na seção 8.1. Ele veio a falecer no final de abril do mesmo ano de 1907.

Em cartas enviadas por Hinton a um amigo entre os anos de 1892 até 1906, o psicólogo e filósofo William James, ele relata seu desânimo frente ao pouco interesse em seus trabalhos, fato que só mudaria após sua morte quando o interesse em sua obra ganharia grande proporção. As cartas de Hinton também deixam claro seu compromisso de criar um método físico para perceber dimensões mais elevadas. Ele queria se afastar das técnicas de manipulação de símbolos da álgebra. Embora Hinton, um matemático por formação, tenha escrito vários artigos acadêmicos sobre geometria n-dimensional, seu interesse real era ensinar ao público o sistema não-algébrico que ele criara para alcançar a compreensão da quarta dimensão (HENDERSON, 2013).

7.2.1 Filosofia de Hinton

Hinton expôs sua filosofia mais claramente em "Uma Nova Era do Pensamento" e em "A Quarta Dimensão". Nestes trabalhos ele expôs sua convicção na possibilidade de ampliar a "compreensão espacial" do homem, um tema recorrente em sua filosofia do hiperespaço.

Em "Uma Nova Era do Pensamento", Hinton tentou obter uma compreensão das propriedades do espaço de quatro dimensões, da mesma maneira que alcançamos o

---

[50] Disponível em: <https://archive.org/details/cu31924068267602/page/n6>. Visitado em 17/05/2019.

[51] Disponível em: <https://archive.org/details/fourthdimension00hintarch/page/n7>. Visitado em 17/05/2019.

sentido de nosso espaço tridimensional. Ele optou por usar o termo “matéria superior”, em detrimento de “espaço superior”, por considerar impensável o espaço sem matéria.

> Parece, para mim, que não consigo pensar em espaço sem matéria e, portanto, como nenhuma necessidade me obriga a tal curso, não subdivido o objeto concreto em sutilezas, mas simplesmente pergunto: O que é aquilo que é para um cubo ou bloco ou forma de qualquer tipo como o cubo é para um quadrado? (HINTON, 1888, p. XIII) (Tradução nossa)[52]

Ele assume então que é possível alcançar tal compreensão, desde que se descubra um mecanismo que nos leve a penetrar no entendimento das dimensões superiores. Baseando-se em sua crença de que a raiz do nosso entendimento de espaço é limitada pelo nosso modo tradicional de ver as coisas, nas noções de em cima ou embaixo e de esquerda ou direita, ele estabeleceu que as melhores ferramentas para análise da quarta dimensão era o estudo de cubos multicoloridos. Estes cubos foram convenientemente escolhidos para seu sistema de aprendizado de visualização em quatro dimensões e ele os chamou de *“tesserato”* ou *“tessaract”*, que vem da junção do grego *τέσσεριϛ ἀκτίνεϛ* (*téssereis aktines*, “quatro raios”) (HENDERSON, 2013).

> A biologia nos mostrou que existe uma ordem universal de formas ou organismos, passando do inferior para o superior. Aí encontramos uma indicação de que nós mesmos participamos desse progresso. E ao usar os pequenos cubos, podemos passar pelo processo e aprender o que é, em uma pequena escala (HINTON, 1888, p. XV) (Tradução nossa)[53]

Nessa citação observamos uma curiosidade, a influência das ideias darwinistas de evolução sendo usadas como exemplo de que os sistemas desse mundo podem evoluir para novos patamares de compreensão.

---

[52] *It seems to me that I cannot think of space without matter, and therefore, as no necessity compels me to such a course, I do not split up the concrete object into subtleties, but I simply ask: ‘What is that which is to a cube or block or shape of any kind as the cube is to a square*? (HINTON, 1888, p. XIII) (Simplificando a questão imposta por Hinton: que forma geométrica apresenta a mesma relação com um cubo que um cubo tem com um quadrado?)

[53] *Biology has shown us that there is a universal order of forms or organisms, passing from lower to higher. Therein we find an indication that we ourselves take part in this progress. And in using the little cubes we can go through the process ourselves, and learn what it is in a little instance*. (HINTON, 1888, p. XV)

O ponto de partida para Hinton foi a discussão do espaço *a priori* de Kant e as ideias geradas pela geometria de Gauss e Lobatschewski (HINTON, 1888). Ele considera que a interpretação de Kant do espaço como a estrutura *a priori*, necessária para todas as percepções, tinha sido negativamente interpretada por seus comentadores, que viam as novas geometrias como restrições às ideias de Kant (HENDERSON, 2013).

Hinton sugere que nossa dependência do espaço como meio de conhecer, conforme identificada por Kant, tem um aspecto favorável à busca pelo conhecimento da quarta dimensão, ao contrário da interpretação dos geômetras da escola empirista que viram Kant desacreditado pela geometria não-euclidiana (HENDERSON, 2013).

> Com Kant, a percepção das coisas como estando no espaço não é tratada tão óbvia como parece. Deveríamos naturalmente dizer que há espaço, e há coisas nele. A partir de uma comparação daquelas propriedades que são comuns a todas as coisas, obtemos as propriedades do espaço. Mas Kant diz que essa propriedade de estar no espaço não é tanto uma qualidade de qualquer objeto definível, como o meio pelo qual obtemos uma compreensão de objetos definíveis - é a condição de nosso trabalho mental. Agora, como a doutrina de Kant é geralmente comentada, o lado negativo é levado à proeminência e o lado positivo é negligenciado. Geralmente se diz que a mente não pode absorver as coisas em si, mas só pode apreendê-las sujeitas a condições espaciais. E assim, as condições espaciais são consideradas como algo à luz dos obstáculos, em que somos impedidos de ver quais são os objetos em si. Mas se tomarmos a afirmação simplesmente como ela é - que apreendemos por meio do espaço - então é igualmente permitido considerar nosso sentido espacial como um meio positivo pelo qual a mente capta sua experiência. (HINTON, 1888, p. 2) (Tradução nossa)[54]

Segundo Hinton (1888), Fichte (1762 - 1814), Schelling (1775 - 1854) e Hegel (1770 - 1831) desenvolveram certas tendências e escreveram livros notáveis seguido os

---

[54] *With Kant the perception of things as being in space is not treated as it seems so obvious to da We should naturally say that there is space, and there are things in it. From a comparison of those properties which are common to all things we obtain the properties of space. But Kant says that this property of being in space is not so much a quality of any definable objects, as the means by which we obtain an apprehension of definable objects - it is the condition of our mental work. Now as Kant's doctrine is usually commented on, the negative side is brought into prominence, the positive side is neglected. It is generally said that the mind cannot perceive things in themselves, but can only apprehend them subject to space conditions. And in this way the space conditions are as it were considered somewhat in the light of hindrances, whereby we are prevented from seeing what the objects in themselves truly are. But if we take the statement simply as it is - that we apprehend by means of space—then it is equally allowable to consider our space sense as a positive means by which the mind grasps its experience.* (HINTON, 1888, p. 2)

passos de Kant, mas os verdadeiros sucessores de Kant são Gauss e Lobatschewski, pois foram eles que nos deram a intuição de que o espaço é o meio pelo qual compreendemos nossa existência. O próximo passo seria investigar se seria possível alcançar tais conhecimentos por meio da "experimentação" geométrica dos hipercubos, *tesseratos*.

Em "A Quarta Dimensão" Hinton avança em sua filosofia e aprofunda as demonstrações geométricas com o *tesserato*. Ele inicia suas discussões nesse livro utilizando-se da alegoria da caverna, de Platão, para justificar sua crença na existência de dimensões superiores às três conhecidas por todos e da possibilidade de "compreensão" da quarta dimensão pelo sistema que ele criou.

Segundo Hinton (1912), Platão usa essa ilustração para retratar a relação entre o verdadeiro "*ser"* e as ilusões do mundo dos sentidos. Para ele, assim como um dos seres da alegoria de Platão, também é possível ao homem de seu tempo se libertar das amarras das três dimensões. Diferentemente da vaga quarta dimensão do século XVII, do filósofo neoplatônico Henry More (1614 - 1687), a quarta dimensão da filosofia do hiperespaço de Hinton era especificamente uma dimensão "real" do espaço, onde a "coisa-em-si", de Kant, seria revelada (HENDERSON, 2013).

Como alegoria para suas ideias, ele descreve um mundo bidimensional no qual um ser está "aprisionado" às duas dimensões. Este ser não consegue identificar um cubo que esteja em contato com seu mundo plano. Uma vez que sua percepção está limitada as duas dimensões do mundo em que vivem, ele só poderá identificar as linhas que formam sua borda. Nem mesmo uma forma quadrada ele conseguirá identificar, pois para isso ele teria que olhar de cima, dimensão que não lhe é acessível. Nós mesmos só identificamos um plano bidimensional por vivermos em três dimensões. Quando vemos um cubo, não o vemos pela parte detrás, por exemplo. Vemos as faces que estão voltadas para nós e, por experiência visual, identificamos a profundidade.

> Considere um ser confinado a um plano. Um quadrado fechado por quatro linhas será para ele um sólido, o interior do qual só pode ser examinado rompendo as linhas. Se tal quadrado fosse passar transversalmente ao seu plano, desapareceria imediatamente. Desapareceria, indo em uma direção para a qual ele não é capaz de apontar. Se, agora, um cubo for colocado em contato com seu plano, a superfície de contato apareceria como o quadrado que acabei de mencionar. Mas se fosse passar transversalmente por este plano, rompendo-o, pareceria um quadrado. A matéria tridimensional dará uma aparência

> duradoura [ao quadrado] em circunstâncias sob as quais a matéria em duas desapareceria de imediato." (HINTON, 1912, p. 206-207) (Tradução nossa)[55]

Da mesma forma, Hinton (1912) argumenta que um "cubo" quadridimensional, ao se mover perpendicularmente às três dimensões espaciais conhecidas, seria identificado por nós como um cubo que tem existência no tempo.

> O cubo, se se movesse transversalmente ao nosso espaço, apareceria como um cubo que tem duração. Um cubo de matéria tridimensional, uma vez que se estende a nenhuma distância na quarta dimensão, instantaneamente desapareceria, se sujeito a um movimento transversal ao nosso espaço. Ele desapareceria e sumiria, sem ser possível apontar qualquer direção na qual ele se moveu. Todas as tentativas de visualizar uma quarta dimensão são fúteis. (HINTON, 1912, p. 207) (Tradução nossa)[56]

Ele enfatizou, assim, o papel crucial do tempo em seu sistema e, segundo Henderson (2013), fez isso continuamente em seu trabalho. No entanto, o tempo nunca foi considerado por ele como a quarta dimensão, mas sim como um outro elemento a ser considerado sem que se confunda com as dimensões espaciais (HENDERSON, 2013).

Argumentações semelhantes a esta, de um mundo bidimensional, já tinham sido apresentadas em seu primeiro artigo, "Qual é a quarta dimensão?" (1880), e também foi discutido em "Uma nova era do pensamento" (1888). Esta representação de Hinton pode ter sido um dos precursores do famoso romance de ficção de Abbott, "Flatland", que apresentaremos na seção 8.1 (HENDERSON, 2013).

A própria ideia de movimento é analisada por ele através da imagem de uma espiral que se move verticalmente em uma dimensão perpendicular ao plano de uma superfície. Ao passar pelo plano da superfície, a espira gera um ponto sobre o plano que

---

[55] *Consider a being confined to a plane. A square enclosed by four lines will be to him a solid, the interior of which can only be examined by breaking through the lines. If such a square were to pass transverse to his plane, it would immediately disappear. It would vanish, going in no direction to which he could point. If, now, a cube be placed in contact with his plane, its surface of contact would appear like the square which we have just mentioned. But if it were to pass transverse to his plane, breaking through it, it would appear as a lasting square. The three-dimensional matter will give a lasting appearance in circumstances under which two-dimensional matter will at once disappear.* (HINTON, 1912, p. 206-207)

[56] *A cube of three-dimensional matter, since it extends to no distance at all in the fourth dimension, would instantly disappear, if subjected to a motion transverse to our space. It would disappear and be gone, without it being possible to point to any direction in which it had moved. All attempts to visualize a fourth dimension are futile*. (HINTON, 1912, p. 207)

descreve um movimento circular ao longo do tempo. Hinton (1912) explica que o movimento é apenas aparente para o ser bidimensional que vive e observa o fenômeno no plano. O que existe é o movimento da expira em uma dimensão perpendicular a este plano, imperceptível para o ser bidimensional que nele habita. Dessa forma, ele também argumenta que o aparente ponto que se move pelo plano se trata de fato de uma sucessão de átomos que compõem a espira e que atravessam o plano a cada instante.

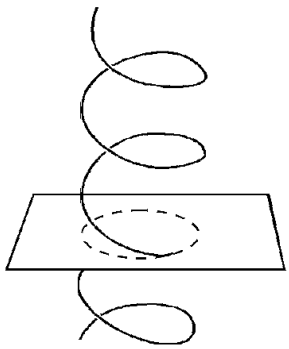


Figura 7.2 - Espiral se movendo perpendicularmente à um plano.
Fonte: (HINTON, 1912, p. 25)

Hinton concebeu o *tesserato* por meio das seções tridimensionais do espaço quadridimensional que seriam formadas quando este fosse visualizado passando pelo espaço tridimensional. A semelhança do que acontece como uma esfera tridimensional que, ao passar por um plano, produz uma série de círculos em diâmetros crescentes e decrescentes, os cubos coloridos da Figura 7.3 são as “seções” do hipercubo de quatro dimensões, à medida que passam pelo nosso espaço (HENDERSON, 2013). Os padrões de mudança de cores são o meio descrito por ele de reconhecer a posição do *tesserato* e de seus cubos componentes a qualquer momento.

No frontispício do seu último livro, “A Quarta Dimensão”, consta a representação destes cubos coloridos mencionados (Figura 7.3) para ajudar os leitores a visualizarem suas complexas combinações para compreender a quarta dimensão.

Hinton, de fato, acreditava que somos criaturas quadridimensionais e nossos sucessivos estados seriam a passagem de nosso ser, quadridimensional, através do espaço tridimensional. Uma vez que nossa consciência parece confinada às três dimensões, não podemos perceber tais eventos. Mas ele cogita, também, que nossa extensão na quarta

dimensão é tão tênue que escapa aos nossos sentidos (HENDERSON, 2013). Hinton estava convencido de que seu sistema poderia revolucionar o modo de visão na sociedade.

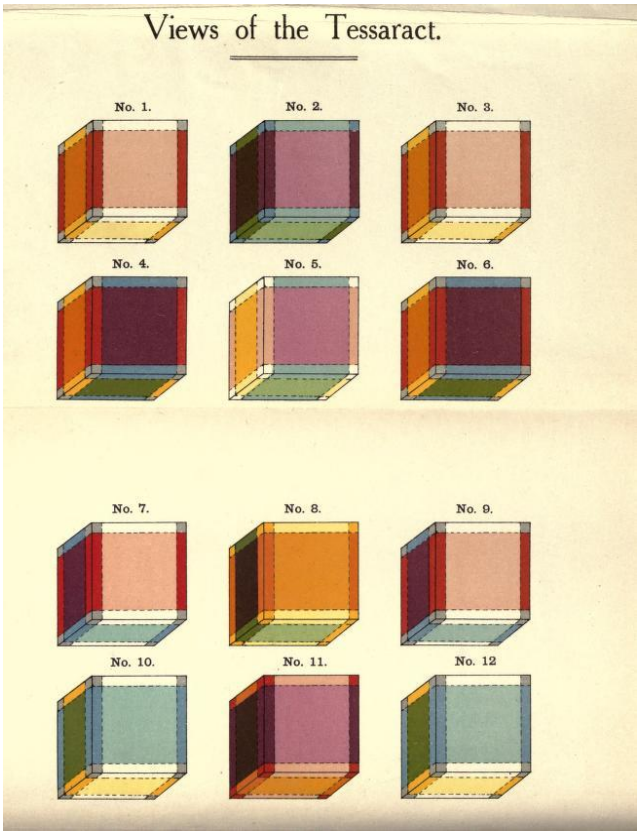


Figura 7.3 - Cubos representando a quarta dimensão.
Fonte: (HINTON, 1912, p. frontispício).

A contribuição mais importante de Hinton às discussões da quarta dimensão foi sua interpretação filosófica e sua defesa de uma ciência livre das restrições do positivismo. Suas ideias filosóficas e científicas sobre a quarta dimensão são recorrentes em trabalhos populares posteriores sobre a quarta dimensão (HENDERSON, 2013).

7.2.2 A filosofia de Hinton e a ciência do século XIX.

De acordo com Hinton o mundo tridimensional deve possuir uma leve extensão na quarta dimensão e poderia ser útil para os cientistas que estudam minúsculas partículas de matéria, pois no infinitesimal as dimensões seriam mais comparáveis. Assim, ele discute a teoria dos átomos como anéis de vórtice do éter, de Lord Kelvin.

> Embora a quarta dimensão não tenha desempenhado nenhum papel no trabalho de Kelvin com vórtices, Hinton sugere que as partículas de éter no movimento de quatro dimensões produziriam um vórtice com características semelhantes à corrente elétrica. Assim, na visão de Hinton, a eletricidade pode muito bem ser um fenômeno quadridimensional e ele reforça sua teoria apontando que correntes elétricas positivas e negativas só poderiam coincidir movendo-as através de uma quarta dimensão. (HENDERSON, 2013, p. 132) (Tradução nossa)[57]

Outra questão que surge no trabalho de Hinton e que é discutido em diversos autores posteriores é que o próprio éter luminífero[58] pode ser uma superfície de contato compartilhada pela nossa existência tridimensional e a realidade quadridimensional.

Um segundo grande ímpeto para um interesse crescente em dimensões mais elevadas do espaço foi a Teosofia. Em 1888, o ano em que apareceu "A Nova Era do Pensamento", de Hinton, Helena Petrovna Blavatsky (1831-1891) publicou em Londres "A Doutrina Secreta", seu segundo maior tratado teosófico.

7.3 Helena Blavatsky e a teosofia moderna

Segundo a Sociedade Teosófica no Brasil[59], o termo foi cunhado em Alexandria, no Egito, no século III d.C. por Amônio Saccas e seu discípulo Plotino, que eram filósofos neoplatônicos. Fundaram a Escola Teosófica Eclética e também eram chamados de *Philaletheus* (Amantes da Verdade) e Analogistas, porque não buscavam a sabedoria apenas nos livros, mas através de analogias e correspondências da alma humana com o mundo externo e os fenômenos da natureza. A partir do final do século XIX, o termo teosofia foi geralmente usado para se referir às doutrinas religioso-filosóficas da

---

[57] *Although the fourth dimension had played no part in Kelvin's work with vortices, Hinton suggests that particles of ether in four dimensional movement would produce a vortex with characteristics similar to electric current. Thus, in Hinton's view electricity may well be a four-dimensional phenomenon, and he reinforces his theory by pointing out that positive and negative electric currents could only be made to coincide by moving them through a fourth dimension.* (HENDERSON, 2013, p. 132)

[58] O éter luminífero era o meio material elástico, hipotético, de propagação das ondas eletromagnéticas e responsável pelas de interação das forças de ação a distância. Este meio material foi o mais aceito e muito procurado, experimentalmente, pelos físicos do século XIX. Com a não detecção experimental do éter, a teoria foi descartada no início do século XX, principalmente após Einstein.

[59] Sociedade Teosófica no Brasil, site oficial: <https://www.sociedadeteosofica.org.br/>. Visitado em 10/12/2019.

Sociedade Teosófica, fundadas em Nova York em 1875 por Helena Blavatsky (1831-1891), William Quan Judge (1851 - 1896) e Henry Steel Olcott (1832 - 1907).

> A palavra *theos* significa um deus em grego, um dos seres divinos, certamente não 'Deus' no sentido usado em nossos dias para o termo. Portanto, não é 'Sabedoria de Deus', como traduzida por alguns, mas Sabedoria divina como aquela possuída pelos deuses. O termo tem muitos milhares de anos. [...] Nos vem dos filósofos alexandrinos, chamados amantes da verdade, *Philaletheians*, de *phil* 'amando', e *aletheia* 'verdade'. O nome *Theosophy* data do terceiro século de nossa era, e começou com Ammonius Saccas e seus discípulos, que iniciaram o Eclético Sistema teosófico. (BLAVATSKY, 1948, p. 1) (Tradução nossa)[60]

A Teosofia constitui-se de um movimento eclético, que partilha de bases comuns em diversas correntes como o cristianismo, budismo e hinduísmo que viriam a dar origem a toda uma série de movimentos espiritualistas de caráter gnóstico do final do século XIX.

7.3.1 Breve resumo da vida e obra de Helena Blavatsky

Helena Petrovna Blavatsky (1831-1891) foi uma prolífica escritora russa, responsável pela sistematização da moderna Teosofia e cofundadora da Sociedade Teosófica. Após ter viajado por diversos lugares do mundo como Índia, Tibete, Canadá, Estados Unidos, México e América do Sul, em busca de conhecimento filosófico, espiritual e esotérico, estabeleceu-se nos Estados Unidos, em 1873. Durante sua estadia na América do Norte tornou-se uma figura tão celebrada quanto polêmica. Em 1884 ela retornou à Europa, onde continuou escrevendo e divulgando a Teosofia.

De acordo com Henderson (2013), a primeira obra de Blavatsky foi "*Isis Unveiled: A Master-Key to the Mysteries of Ancient and Modern Science and Theology*" (Isis Sem Véu: Uma Chave-Mestra para os Mistérios da Antiga e Moderna ciência e

---

[60] *The word theos means a god in Greek, one of the divine beings, certainly not "God" in the sense attached in our day to the term. Therefore, it is not "Wisdom of God," as translated by some, but Divine Wisdom such as that possessed by the gods. The term is many thousand years old. […] It comes to us from the Alexandrian philosophers, called lovers of truth, Philaletheians, from phil "loving," and aletheia "truth." The name Theosophy dates from the third century of our era, and began with Ammonius Saccas and his disciples, who started the Eclectic Theosophical system.* (BLAVATSKY, 1948, p. 1)

Teologia)[61], trabalho em dois volumes, de 1877. No entanto, seu principal trabalho foi, "*The Secret Doctrine*" (A Doutrina Secreta)[62], de 1888, considerada uma das obras fundamentais da teosofia moderna.

A teosofia de Blavatsky valeu-se de uma grande quantidade de elementos da tradição religiosa Hindu, estudadas durante sua permanência no Tibete, como uma terminologia muitas vezes baseada no idioma sânscrito. Ela foi a responsável pela divulgação, no ocidente, dos conceitos como *Maya* (ilusão), *Dharma* (caminho) e *Mahatmas* (grandes almas). Podemos, ainda, encontrar referências a diversas culturas e sistemas, como o Taoismo, Budismo, Cabala, Cristianismo, Gnose e Hermetismo (GOODRICK-CLARKE, 2008).

Com o rápido progresso das ciências e da tecnologia no século XIX e o crescimento das ideias positivistas e materialistas, os cânones religiosos tradicionais foram se diluindo e a fé religiosa foi questionada. Especialmente após a publicação do livro "A Origem das Espécies", de Charles Darwin, e da popularização da teoria da seleção natural, as questões ligadas a fé foram postas em xeque.

Segundo Washington (2000), o fim do século XIX produziu uma grande massa de público, relativamente instruído, disposta a consumir as teorias teosóficas, sem a possibilidade ou o desejo de questioná-las. Estabeleceu-se um contexto cultural de autodidatismo, com publicações de jornais e folhetins populares, além de debates em sindicatos e institutos educacionais, com a participação de idealistas ligados à classe média. Essas doutrinas apresentavam uma mistura de ideias naturistas, feministas, homeopáticas, comunistas, filantrópicas e muitas outras. Dentro desse panorama, proliferavam os gurus e mestres autodeclarados, as utopias sociais, as seitas sincréticas de apelo popular e espiritualistas de todos os tipos (WASHINGTON, 2000).

E, nesse contexto, Blavatsky se apresenta como a cofundadora de uma escola de pensamento que integra as diversas vertentes em questão e oferece uma possibilidade de construir um novo senso de identidade e propósito para o ser humano. Ela apresentou, de forma bastante compreensível aos ocidentais, uma doutrina exótica e, de alguma forma,

---

[61] Disponível em: Vol. 1 <https://archive.org/details/IsisUnveiledVolumeIHelenaBlavatsky>; Vol. 2 <https://archive.org/details/IsisUnveiledVolumeIIHelenaBlavatsky>, Visualizado em 19/05/2019.

[62] Disponível em: Vol. 1 <https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.175364/page/n2 >; Vol. 2 <https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.47965/page/n7>, Visualizado em 19/05/2019.

desempenhou um papel de grande relevo na história recente da religião e da filosofia e contribuiu no processo de aproximação entre oriente e ocidente (GOODRICK-CLARKE, 2008).

Com sua doutrina plenamente desenvolvida, Blavatsky não inseriu a ideia de quarta dimensão na Teosofia, diferentemente dos teosofistas posteriores que buscaram ligações entre a quarta dimensão e a ideia teosófica de "visão astral", comparando-a com a visão quadridimensional do espaço. Esta comparação foi proposta pelo teosofista CW Leadbeater (1847-1934), em 1895. Já na década de 1890, a postura antipositivista da Teosofia se aproximava muito da filosofia do hiperespaço de Hinton (HENDERSON, 2013).

A própria Blavatsky, mesmo não se associando a ela, acreditava que a ideia de uma quarta dimensão do espaço havia sido mal concebida:

> Os processos de desenvolvimento natural que estamos considerando agora elucidarão e desacreditarão a moda de especular sobre os atributos dos dois, três e quatro ou mais "espaços dimensionais"; mas, de passagem, vale a pena ressaltar o real significado da intuição sonora, mas incompleta, que levou - entre os espíritas e os teosofistas, e vários grandes homens da ciência, em relação a isso - o uso da expressão moderna, "a quarta dimensão do espaço". Para começar, é claro, o absurdo superficial de assumir que o próprio espaço é mensurável em qualquer direção é de pouca importância. A frase familiar só pode ser uma abreviação da forma mais completa - a "Quarta dimensão da MATÉRIA no Espaço". [...] Esses termos, e o termo "dimensão" em si, pertencem todos a um plano de pensamento, a um estágio da evolução, a uma característica da matéria. (BLAVATSKY, 1893, p. 220-221) (Tradução nossa)[63]

Podemos perceber, de imediato, que Blavatsky também não consegue conceber o espaço sem matéria, assim como Hinton.

---

[63] *The processes of natural development which we are now considering will at once elucidate and discredit the fashion of speculating on the attributes of the two, three, and four or more "dimensional Space;" but in passing, it is worth while to point out the real significance of the sound but incomplete intuition that has prompted—among Spiritualists and Theosophists, and several great men of Science, for the matter of that**—*the use of the modem expression, "the fourth dimension of Space." To begin with, of course, the superficial absurdity of assuming that Space itself is measurable in any direction is of little consequence. The familiar phrase can only be an abbreviation of the fuller form—the "Fourth dimension of MATTER in Space."[…] These terms, and the term "dimension" itself, all belong to one plane of thought, to one stage of evolution, to one characteristic of matter.* (BLAVATSKY, 1893, p. 220-221)

Henderson (2013) menciona que os paralelos feitos entre a dimensionalidade superior e a doutrina teosófica são muitos. Ela afirma ainda que dois dos principais filósofos do hiperespaço do século XX, o americano Claude Bragdon e o russo P. Ouspensky, tiveram uma formação teosófica anterior aos seus escritos sobre a quarta dimensão do espaço.

7.4 Claude Bragdon, a aproximação da teosofia e da filosofia do hiperespaço

Filho de um teosofista, Claude Fayette Bragdon (1866-1946) ajudou a fundar a Loja Genesee da Sociedade Teosófica em Rochester e sempre manteve uma crença fervorosa na filosofia esotérica e nos fenômenos ocultos. Arquiteto, designer de teatro, autor de mais de vinte livros e duzentos artigos, além de conduzir a editora "Manas Press" em Rochester, de 1909 a 1921, Bragdon também se envolveu com os estudos sobre fenômenos espiritualistas, que conheceu através de sua segunda esposa, Eugenie, cujas comunicações póstumas foram publicadas em 1921 (HENDERSON, 2013).

Segundo Henderson (2013), Bragdon foi apresentado ao conceito da quarta dimensão, em 1907, por um amigo e pelo próprio filósofo do hiperespaço Howard Hinton. Daí para frente, Bragdon dedicou-se à ideia e produziu quatro livros. Depois disso, ele passou a publicar regularmente sobre a quarta dimensão nos trabalhos que fazia sobre arquitetura, filosofia e teosofia.

Embora Bragdon tenha se empenhado para entender as leis matemáticas do espaço quadridimensional, trabalhando em colaboração com o matemático Philip Henry Wynne (1868-1919) entre 1911 e 1912, era o significado filosófico da quarta dimensão que mais importava para ele, da mesma forma que havia sido para Hinton (HENDERSON, 2013).

Seu primeiro trabalho foi escrito com o intuito de participar do concurso de ensaios sobre o tema da quarta dimensão, promovido pela *Scientific American*, em 1909, que apresentaremos na seção 8.7.

De acordo com Manning (2005), participaram competidores não apenas dos Estados Unidos, mas da Turquia, Áustria, Holanda, Índia, Austrália, França e Alemanha. O objetivo era que fossem propostos ensaios, de até duas mil e quinhentas palavras, em que o significado da quarta dimensão fosse explicado de forma mais simples possível, para que o leitor leigo comum pudesse entender. O concurso contou com 245 ensaios,

submetidos sob pseudônimos. O ganhador do concurso levou, das mãos dos editores, a quantia de Quinhentos Dólares e, o ensaio premiado, foi publicado na revista *Scientific American* de 3 de julho de 1909. Outros três ensaios, que receberam menção honrosa, apareceram nas edições de 10, 17 e 24 de julho de 1909 (MANNING, 2005).

O primeiro texto de Bragdon sobre a quarta dimensão, após este ensaio inicial, foi publicado em formato de panfleto pelo *Manas Press*. O *"Man the Square: A Higher Space Parabole"*[64] (O Homem Quadrado: Uma Parábola do Espaço Superior), se trata de uma parábola religiosa que emprega a analogia de um mundo bidimensional para tratar do amor e da harmonia entre os seres humanos (HENDERSON, 2013).

7.4.1 A filosofia de Bragdon

Semelhante à analogia feita por Hinton, Bragdon descreve os seres humanos como sendo semelhantes a cubos tridimensionais que giram no espaço de forma independente, impulsionados pelas forças de personalidade individual. Esses cubos, ao atravessarem uma superfície plana, se mostram e se percebem apenas como seções transversais irregulares (Figura 7.5). Eles não se percebem como cubos, só se percebem e se identificam como essas seções transversais bidimensionais distintas umas das outras, ignorantes da "verdade maior" de sua unidade tridimensional.

De acordo com as analogias de Bragdon, a desarmonia neste mundo de duas dimensões resulta dos homens cúbicos, que existem como seções transversais de seu plano, e se veem como figuras geométricas diferentes e que não se identificam umas com as outras. Sua existência superior, como cubos, é revelada quando um cubo *"Christos"* desdobra seus seis lados no plano em forma de cruz (Figura 7.4) (HENDERSON, 2013).

O trabalho mais importante de Bragdon sobre o tema foi publicado, em 1913. "*A Primer of Higher Space (The Fourth Dimension)*"[65] [Uma Cartilha para a Dimensão do Espaço Superior (A Quarta Dimensão)] contém trinta placas ilustrando quase todas as ideias sobre a quarta dimensão que emergirão ao longo do século dezenove. Ele revela a

---

[64] Disponível em: <https://babel.hathitrust.org/cgi/pt?id=coo.31924117653919&view=1up&seq=7>, visualizado em 25/05/2019.

[65] Disponível em: <https://archive.org/details/aprimerhighersp00braggoog/page/n9>, visualizado em 10/06/2019.

variedade de seções que podem resultar de um cubo passado por um plano em diferentes ângulos. Bragdon foi o primeiro autor a ilustrar a analogia bidimensional utilizada por diversos escritores do século XIX, incluindo Hinton, para explicar a quarta dimensão.

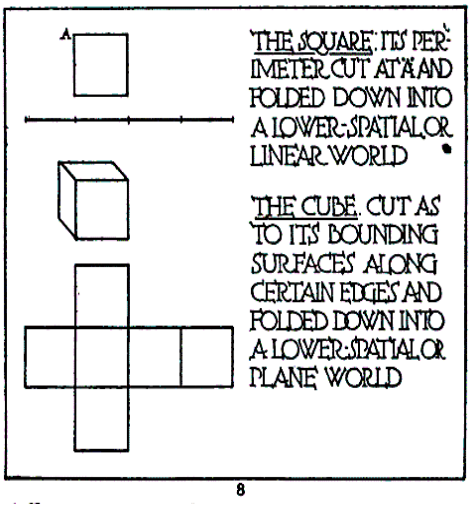


Figura 7.4 - Desdobramento de cubo em um plano

Fonte: (BRAGDON, 1912, p. 27)

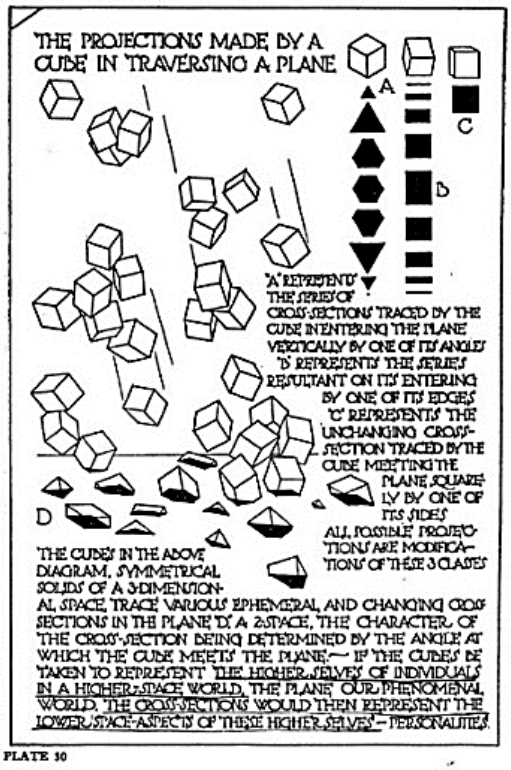


Figura 7.5 - Placa 30, cubos tridimensionais através do plano.

Fonte: (BRAGDON, 1913, p. 54).

Bragdon empregou diagramas e projeções para explicar as transformações entre as geometrias de dimensões inferiores, como a linha, o plano e o cubo, e a geometria quadridimensional do tesserato, proposta inicialmente por Hinton (Figura 7.6).

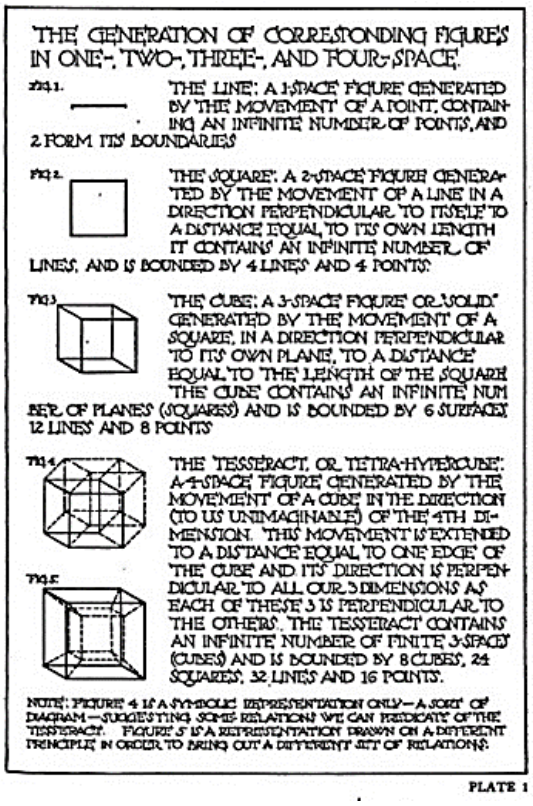

THE GENERATION OF CORRESPONDING FIGURES IN ONE-, TWO-, THREE-, AND FOUR-SPACE.

Fig 1. THE LINE: A 1-SPACE FIGURE GENERATED BY THE MOVEMENT OF A POINT, CONTAINING AN INFINITE NUMBER OF POINTS, AND 2 FORM ITS BOUNDARIES

Fig 2. THE SQUARE: A 2-SPACE FIGURE GENERATED BY THE MOVEMENT OF A LINE IN A DIRECTION PERPENDICULAR TO ITSELF TO A DISTANCE EQUAL TO ITS OWN LENGTH IT CONTAINS AN INFINITE NUMBER OF LINES, AND IS BOUNDED BY 4 LINES AND 4 POINTS.

Fig 3. THE CUBE: A 3-SPACE FIGURE OR "SOLID" GENERATED BY THE MOVEMENT OF A SQUARE, IN A DIRECTION PERPENDICULAR TO ITS OWN PLANE, TO A DISTANCE EQUAL TO THE LENGTH OF THE SQUARE THE CUBE CONTAINS AN INFINITE NUMBER OF PLANES (SQUARES) AND IS BOUNDED BY 6 SURFACES, 12 LINES AND 8 POINTS

Fig 4. THE TESSERACT, OR TETRA-HYPERCUBE: A 4-SPACE FIGURE GENERATED BY THE MOVEMENT OF A CUBE IN THE DIRECTION (TO US UNIMAGINABLE) OF THE 4TH DIMENSION. THIS MOVEMENT IS EXTENDED TO A DISTANCE EQUAL TO ONE EDGE OF THE CUBE AND ITS DIRECTION IS PERPENDICULAR TO ALL OUR 3 DIMENSIONS AS EACH OF THESE 3 IS PERPENDICULAR TO THE OTHERS. THE TESSERACT CONTAINS AN INFINITE NUMBER OF FINITE 3-SPACES (CUBES) AND IS BOUNDED BY 8 CUBES, 24 SQUARES, 32 LINES AND 16 POINTS.

Fig 5.

NOTE: FIGURE 4 IS A SYMBOLIC REPRESENTATION ONLY—A SORT OF DIAGRAM—SUGGESTING SOME RELATIONS WE CAN PREDICATE OF THE TESSERACT. FIGURE 5 IS A REPRESENTATION DRAWN ON A DIFFERENT PRINCIPLE, IN ORDER TO BRING OUT A DIFFERENT SET OF RELATIONS.

PLATE 1

Figura 7.6 - Placa 1, progressão das dimensões.

Fonte: (BRAGDON, 1913, p. 25).

Ele propôs que nosso conhecimento do espaço é incompleto e essa compreensão espacial exige que outras modificações sejam corretamente conhecidas. Para ele, talvez o que pensamos como espaço seja apenas o que nosso limitado mecanismo de percepção sensível seja capaz de apreender (BRAGDON, 1913).

O trabalho de Bragdon é bastante rico em termos de representações gráficas e diagramas para explicar como a geometria quadridimensional pode ser descrita como imagens bidimensionais (Figura 7.7).

A relação entre a teosofia, a clarividência e a descoberta dos Raios X por Röntgen (1845-1923), em 1895, foi uma ideia muito explorada pelos teosofistas da época e utilizada como evidência de uma existência superior, espiritual (HENDERSON, 1988). Esta relação pode ser identificada, também, nos trabalhos de Bragdon. Em uma ilustração

feita por ele no *"A Primer of Higher Space[...]"* há uma placa desenhada por ele que conectou a clarividência com a visão quadridimensional, Figura 7.7. Não há referência, nos textos, à palavra "raios X", no entanto, a figura se apropria da representação transparente de objetos sólidos muito próximo da imagem associada a uma radiografia.

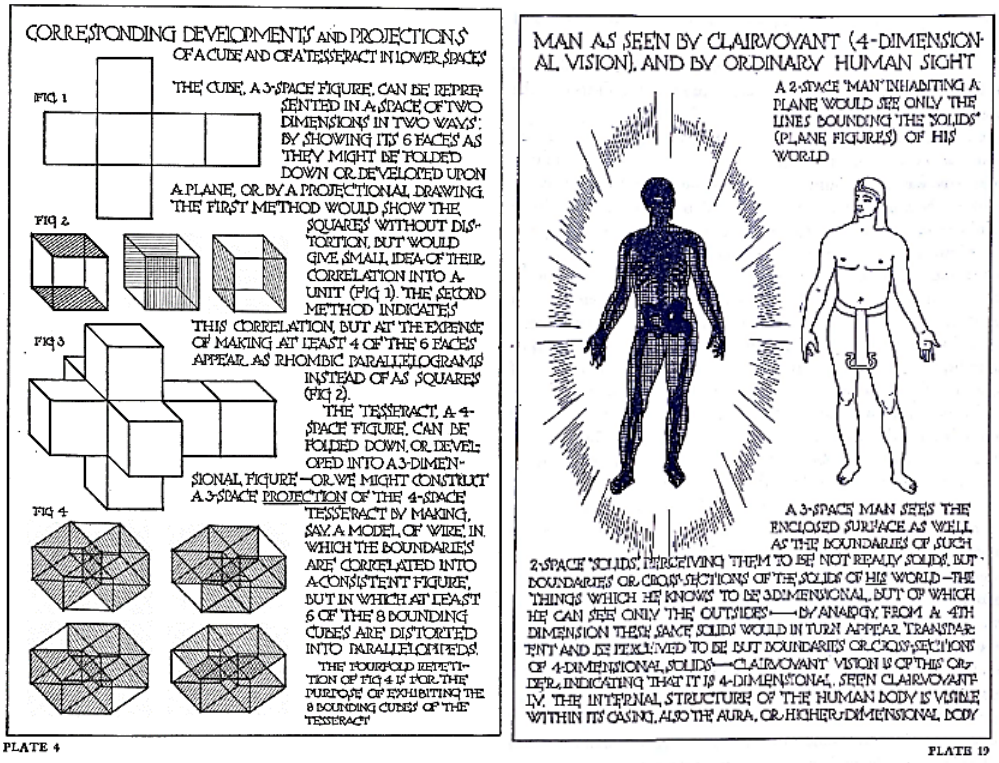


Figura 7.7 - Placa 4, Dimensões no plano; Placa 19, Visão clarividente.
Fonte: (BRAGDON, 1913).

Outro tema evidente nos escritos de Bragdon era sua tentativa de misturar a filosofia do hiperespaço com a interpretação de evolução, como um processo de expansão da consciência, ideia comum entre os teosofistas (HENDERSON, 2013).

> A ascensão biológica e a ascensão da consciência significam, assim, uma remoção constante da fronteira entre representação e realidade, à custa da parte transcendental do mundo, e em favor da parte percebida. Agora, se esse limiar psicofísico em mutação é simplesmente a linha divisória entre os espaços inferiores e superiores, então todo o processo evolutivo consiste na conquista,

> dimensão por dimensão, dos sucessivos mundos espaciais. (BRAGDON, 1913, p. 14-15) (Tradução nossa)[66]

Com relação ao papel do tempo na quarta dimensão, Bragdon o apresenta como o primeiro meio pelo qual podemos sentir dimensões mais elevadas. Seguindo a tradição da filosofia do hiperespaço de Hinton, ele não atribui ao tempo a identidade da quarta dimensão, mas sim como um elemento fundamental na compreensão desta dimensão.

7.4.2 A Quarta dimensão na arquitetura

No final da década de 1920, os arquitetos americanos do movimento progressista, no qual se incluía Bragdon, Frank Lloyd Wright e George Maher viram os ornamentos baseados nas ideias teosóficas e na quarta dimensão como capazes de agregar significado e melhor servirem às necessidades da sociedade americana moderna. É nesse ímpeto que Bragdon publica "*Projective Ornament*" (Ornamento Projetivo) em 1915, baseado em seu trabalho anterior "*A Primer of Higher Space*" (HENDERSON, 2013).

Bragdon viu na quarta dimensão não apenas um significado filosófico, mas também uma fonte para um novo estilo de ornamento (Figura 7.8). Bragdon estava convencido de que um novo modo ornamental era necessário para um novo futuro. Para ele todos deveriam aprender a ver em quatro dimensões e, assim, as pessoas se libertariam das restrições de suas próprias subjetividades e de personalidades e se perceberiam como consciências não individuais, mas coletivas e universais (HENDERSON, 2013).

> A consciência está se movendo em direção à conquista de um novo espaço; ornamento deve indicar esse movimento de consciência; a geometria é o campo no qual nós estabelecemos nossa reivindicação particular. Segue-se, portanto, que no solo da geometria de quatro dimensões devemos plantar nossa pá metafísica. (BRAGDON, 1915, p. 11) (Tradução nossa)[67]

---

[66] *The biological rise and the rise of consciousness thus signify a constant removal of the boundary between representation and reality at the cost of the transcendental part of the world, and in favor of the perceived part. Now if this shifting psycho-physical threshold is simply the dividing line between lower and higher spaces, then the whole evolutionary process consists and the conquest, dimension by dimension, of successive space- worlds.* (BRAGDON, 1913, p. 14-15)

[67] *Consciousness is moving towards the conquest of a new space; ornament must indicate this movement of consciousness; geometry is the field in which we have staked out our particular claim. It*

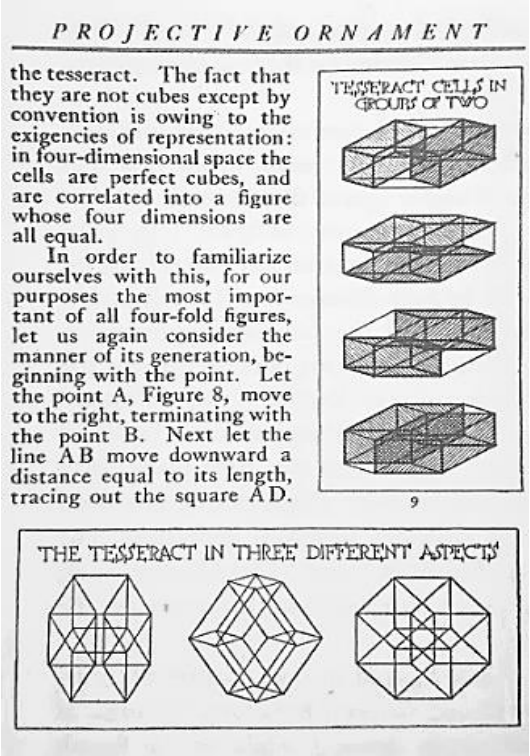


Figura 7.8 - Representações do Tesseract para ornamento.
Fonte: (BRAGDON, 1915, p. 29).

Segundo Henderson (2013), Bragdon usou métodos de projetar figuras quadridimensionais em uma superfície bidimensional e de "cortá-las" e dobrá-las em duas dimensões e assim, uma vez achatadas, as figuras poderiam ser ajustadas e produzirem vários motivos diferentes a partir de uma única imagem (Figura 7.9).

Em seu último artigo dedicado à quarta dimensão, "*New Concepts of space and time*" (Novos conceitos de espaço e tempo), de 1920, Bragdon aborda alguns aspectos das Teorias da Relatividade Especial e Geral de Einstein. Em seu texto, pergunta Bragdon, "Estamos no ponto de descobrir que a única realidade é a consciência do pensamento? [...] Se assim for, por um longo desvio, a ciência ocidental chega à mesma conclusão do misticismo oriental: a materialidade é apenas maya, ilusão - o espelho da consciência" (BRAGDON, 1920 Apud HENDERSON, 2013, p. 320).

---

follows, therefore, that in the soil of the geometry of four dimensions we should plant our metaphysical spade. (BRAGDON, 1915, p. 11)

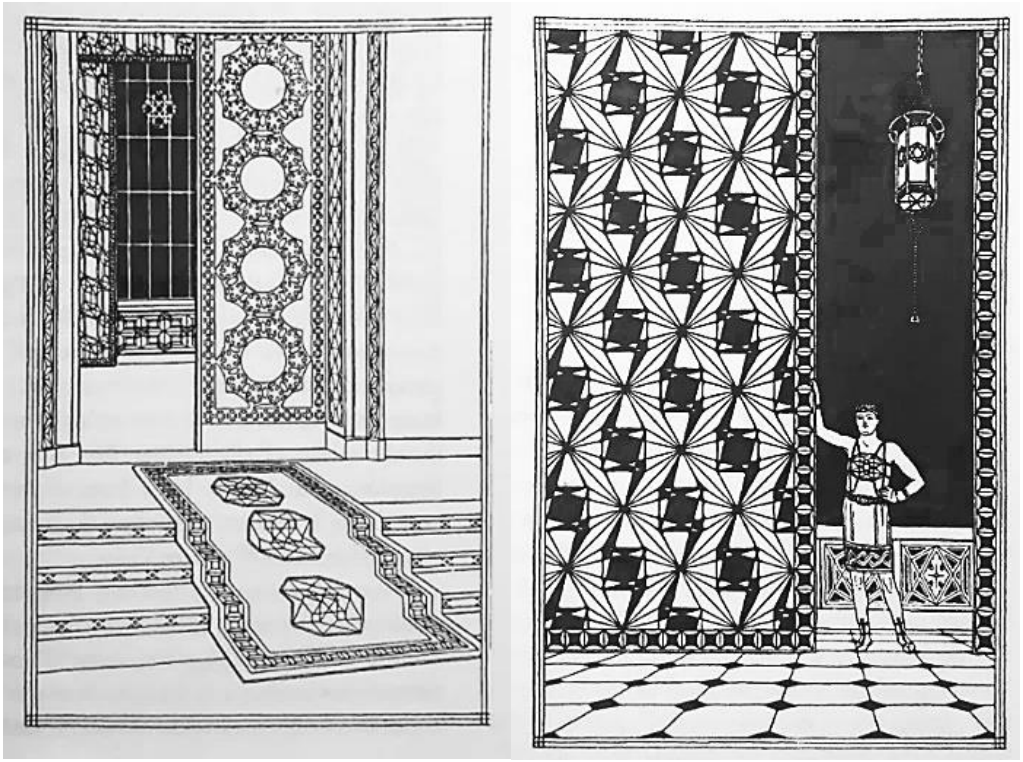


Figura 7.9 - Ornamentos inspirados na quarta dimensão.
Fonte: (BRAGDON, 1915, p. 22 e p. 9).

Mesmo com as novas concepções de quarta dimensão que ganharam espaço com a popularidade de Einstein, após o sucesso da Teoria da Relatividade Geral, Bragdon manteve sua filosofia do hiperespaço parcialmente intacta e continuou a defender seu sistema de ornamento projetivo.

7.4.3 Bragdon e as artes no início do século XX

Bragdon se reportava às artes como tendo grande potencialidade para as discussões a respeito da quarta dimensão. Ele afirmou ter percebido uma possível qualidade quadridimensional da arte moderna apenas nos elementos formais da arte de Cézanne (HENDERSON, 2013).

De acordo com Henderson (2013), os artistas nova-iorquinos tinham, de fato, algum conhecimento das ideias de Bragdon na quarta dimensão durante a década de 1910.

> A coluna '*Art Notes and Comments'* do *New York Sun* citou brevemente 'Man the Square' em 13 de abril de 1913, observando que este texto pode ser 'de grande ajuda para aqueles que ainda não entendem o Cubismo'. Em julho de 1914, o livro '*Primer of Higher Space'* de Bragdon recebeu uma resenha entusiasmada no *New York Times*, onde foi pronunciada como 'uma esplêndida contribuição para um problema importante'. Finalmente, em março de 1917, o crítico James Huneker elogiou as 'fascinantes especulações' de Bragdon em seu 'Visões da quarta dimensão' em um artigo sobre o livro no *New York Sun*. (HENDERSON, 2013, p. 324) (Tradução nossa)[68]

Em certo momento de suas especulações, as visões quadridimensionais de Bragdon se voltaram para a rotação na quarta dimensão em espelhos. Bragdon considera uma representação de uma revolução quadridimensional na qual a superfície do espelho seria o plano sobre o qual o movimento ocorre. Esta ideia muito peculiar pode ter sido um dos estímulos para as teorizações de Duchamp sobre a quarta dimensão. No entanto, a única mostra formal comprovável da influência de Bragdon em Duchamp ocorreu na década de 1920, quando Duchamp produziu um cartaz para o Campeonato Francês de Xadrez realizado em Nice, em 1925 (Figura 7.10) (HENDERSON, 1988).

A imagem produzida por Duchamp é o análogo tridimensional de um tabuleiro de xadrez. Podemos perceber que seus cubos em queda lembram muito os representados em "*A Primer of Higher Space*", Figura 7.5, de Bragdon. As publicações de Claude Bragdon foram o principal veículo pelo qual suas ideias e imagens alcançaram o mundo da arte de Nova York entre as décadas de 1910 e 1920 (HENDERSON, 2013).

Passando agora para o outro lado do atlântico, encontramos uma tradição popular de filosofia do hiperespaço que floresceu nas terras distantes da Rússia. O filósofo do hiperespaço Piotr Ouspensky foi a principal fonte de informação para os membros da vanguarda intelectual interessada em dimensões mais elevadas, nesse país.

---

[68] *The "Art Notes and Comments" column of the New York Sun quoted briefly from "Man the Square" on 13 April 1913, noting that this text might be 'of great assistance to those who do not yet understand Cubism'. In July 1914, Bragdon's "Primer of Higher Space" received an enthusiastic review in the New York Times, where it was pronounced 'a splendid contribution to an important problem'. Finally, in March 1917 the critic James Huneker praised Bragdon's 'fascinating speculations' in "Fourth-Dimensional Vistas" in an article on the book in the New York Sun.* (HENDERSON, 2013, p. 324)



Figura 7.10 - Pôster do Campeonato de Xadrez, Duchamp.
Fonte: (HENDERSON, 2013, p. 331).

7.5 Peter Ouspensky, o continuador da obra de Hinton

Nascido em Moscou, Piotr Demianovitch Ouspensky (1878-1947), foi um matemático e filósofo russo considerado o grande sucessor de Hinton no desenvolvimento da filosofia do hiperespaço. Em meio a sua formação matemática, de acordo com Henderson (2013), sua formação intelectual foi influenciada pelo amor de seu pai pela música, por um avô pintor e pela inclinação para a pintura e para a literatura de sua mãe.

Depois de se formar na Universidade de Moscou e trabalhar como jornalista, voltou-se para uma coleção de textos de literatura ocultista onde encontrou identificação com sua oposição ao “deserto árido” do positivismo. Desde então, esta temática se tornou o princípio fundamental de sua filosofia, a ideia de que a quarta dimensão é a chave dos mistérios do mundo (BURCH, 1951).

Conforme afirma Burch (1951), em sua convicção de que deve haver alguma verdade por trás das tradições esotéricas do oriente, ele começou o que pretendia ser uma

longa viagem em busca do "milagroso". Esta viagem foi interrompida pela eclosão da Primeira Guerra Mundial em meados de 1914. Em 1915, ele conheceu o ocultista caucasiano George Ivanovitch Gurdjieff[69] e logo aderiu aos seus ensinamentos. A Doutrina de Gurdjieff foi transmitida de forma clara para o ocidente por Ouspensky, discípulo a quem o Mestre Gurdjieff permitiu que fossem tomadas notas de suas conferências em diversas cidades da Rússia (BURCH, 1951).

Após a Revolução Bolchevique[70] de 1917, Ouspensky viajou a Londres, passando por Istambul. Durante essa época, depois que Gurdjieff fundou na França o Instituto para o Desenvolvimento Harmonioso do Homem, ele chegou à conclusão que não estava mais apto a entender seu professor, e decidiu romper com ele. No entanto, mesmo separado de seu mestre, Ouspensky nunca deixou de orientar-se pelas lições deixadas por Gurdjieff (BURCH, 1951). De qualquer forma, o interesse de Ouspensky pela quarta dimensão é muito anterior a este período de sua vida. Seu livro mais importante sobre a quarta dimensão também é anterior a este envolvimento com esse mestre ocultista. Segundo Henderson (2013), Ouspensky foi apresentado à quarta dimensão em sua juventude, por seu pai que tinha um interesse particular no problema da quarta dimensão e passava horas se dedicando a este estudo.

Ouspensky, é considerado o verdadeiro sucessor de Hinton, no entanto, ele desenvolveu uma marca exclusivamente russa de filosofia do hiperespaço. Os trabalhos de Hinton, "A Nova Era do Pensamento" de 1888 e "A Quarta Dimensão" de 1904 foram cruciais para o desenvolvimento de seu pensamento, com respeito a quarta dimensão. Outra fonte que parece ter influenciado foram os trabalhos de autores de contos de ficção científica, como o de HG Wells, "A Máquina do Tempo" (HENDERSON, 2013).

Sua preocupação principal, com respeito às dimensões mais elevadas, se estruturou a partir de análises tanto geométricas, como do ponto de vista psicológico.

---

[69] *Georgiĭ Ivanovič Gĭurdžiev* (1866(7) -1949), foi um místico e mestre espiritual armênio. Ensinou a filosofia do autoconhecimento, através da lembrança de si. Sua atuação principal foi, primeiro, em São Petersburgo e depois em Paris. Foi um mestre espiritual considerado, por aqueles que o conheceram, como um incomparável "despertador" de homens. Trouxe para o ocidente um modelo de conhecimento esotérico e toda uma metodologia específica para o desenvolvimento da consciência.

[70] A Revolução de Outubro, Revolução Bolchevique ou Revolução Vermelha, foi a segunda fase da Revolução Russa de 1917. A Revolução Bolchevique foi a primeira revolução comunista marxista do século XX, que teve início com a insurreição dos Bolcheviques liderada por Vladimir Lenin contra o governo provisório.

Seu primeiro livro, “A Quarta Dimensão”, foi publicado em 1909 e, basicamente, se trata de um relato das ideias do século XIX sobre a quarta dimensão, com muito menos da filosofia prometeica que Ouspensky desenvolveria, três anos depois.

7.5.1 Filosofia de Ouspensky

A epistemologia de Ouspensky é apresentada sistematicamente no “*Tertium Organum*”[71] de 1912 e que se apresenta, desde seu título, como um “terceiro cânone do pensamento” ocidental. Sua proposta é de que este seria um terceiro método para se alcançar o conhecimento, na sequência do método dedutivo Aristotélico e do método indutivo, descrito por Bacon. Seria o método voltado para o místico, que sempre existiu no pensamento humano, embora tenha se afastado do pensamento “moderno” e adquirido rótulo de irracional ou fantasioso (BURCH, 1951).

Rejeitando a proposta puramente geométrica das dimensões superiores, Ouspensky propõe que o problema deve ser estudado tanto do lado psicológico quanto físico, seguindo as ideias de Hinton que procurou despertar uma “consciência superior” psicológica em seus leitores, educando os sentidos para a percepção da quarta dimensão (HENDERSON, 2013).

Ele inicia o *Tertium Organum* relatando a filosofia kantiana e indicando que seu sistema de pensamento é uma evolução, uma sequência do idealismo Kantiano. Para Kant, o espaço e tempo são propriedades do intelecto, como intuições da mente humana. Para ele, em vez de rejeitarmos Kant, como fizeram os matemáticos ligados a geometria n-dimensional, devemos aceitar sua concepção de espaço *a priori* e localizar a fonte de nossas ideias de espaço na mente. Seguindo nesse sentido ele busca ampliar a consciência humana, para incluir intuições de espaços dimensionais superiores.

Dando os passos seguintes à Hinton, indo além da idealização do *tesserato*, Ouspensky dedica a grande parte do *Tertium Organum* a um estudo das condições de nossa receptividade, a fim de determinar qual a natureza da consciência e provar que tal

[71] Disponível em: <https://archive.org/details/tertiumorganumth00ousp/page/n2 - visitado em 01/-7/2019>. (A primeira tradução para o inglês foi feita por Nicholas Bessaraboff e pelo próprio Claude Bragdon, que ficou maravilhado com esta literatura distante e que versava sobre as próprias ideias que ele mesmo nutria. A obra foi publicada pela Manas Press em 1920 e depois revisada por Alfred Knopf em 1922.)

expansão da consciência é viável. Ele sentiu que de alguma forma a quarta dimensão estava conectada com o mundo "psíquico" (psicológico) da mente, em oposição ao "mundo físico". Para Ouspensky, uma dimensão espacial mais alta sempre foi a característica básica da quarta dimensão. Mesmo entendendo a importância do tempo no decorrer dos fenômenos, ele jamais imaginou a quarta dimensão apenas como tempo.

> Como dedução de todos os precedentes, podemos dizer que o tempo (como é geralmente entendido) inclui em si duas ideias: a de um certo espaço desconhecido para nós (a quarta dimensão) e a de um movimento sobre esse espaço. Nosso erro constante consiste no fato de que, com o tempo, nunca vemos duas ideias, mas vemos sempre apenas uma. Normalmente, vemos no tempo a ideia de movimento, mas não podemos dizer de onde, onde, nem em que espaço. Tentativas foram feitas até agora para unir a ideia da quarta dimensão com a ideia de tempo. Mas naquelas teorias que tentaram combinar a ideia de tempo com a ideia da quarta dimensão, aparecia sempre a ideia de algum elemento espacial como existindo no tempo, e junto com ele era admitido o movimento naquele espaço. Aqueles que estavam construindo essas teorias, evidentemente, não entenderam que, deixando de fora a possibilidade de movimento, eles estavam promovendo a demanda por um novo tempo, porque o movimento não pode prosseguir fora do tempo. (OUSPENSKY, 1922, p. 45) (Tradução nossa)[72]

Para Ouspensky, a arte é um campo vasto e fértil para o entendimento e a visão do mundo em quatro dimensões. Para ele, os artistas estão livres dos grilhões da racionalidade da ciência positivista e, assim, estão mais pré-dispostos a alcançar a consciência do mundo.

> Toda arte, em essência, consiste na compreensão e representação dessas diferenças ilusórias. O mundo fenomenológico é apenas um meio para o artista - assim como as cores são para o pintor e sons para o músico - um meio para a compreensão do mundo

[72] *As a deduction from all the preceding we may say that time (as it is usually understood) includes in itself two ideas: that of a certain to us unknown space (the fourth dimension), and that of a motion upon this space. Our constant mistake consists in the fact that in time we never see two ideas, but see always only one. Usually we see in time the idea of motion, but cannot say from whence, where, whither, nor upon what space. Attempts have been made heretofore to unite the idea of the fourth dimension with the idea of time. But in those theories which have attempted to combine the idea of time with the idea of the fourth dimension appeared always the idea of some spatial element as existing in time, and along with it was admitted motion upon that space. Those who were constructing these theories evidently did not understand that leaving out the possibility of motion they were advancing the demand for a new time, because motion cannot proceed out of time.* (OUSPENSKY, 1922, p. 45)

> numênico e para a expressão desse entendimento. No estágio atual de nosso desenvolvimento, não possuímos nada tão poderoso, como um instrumento de conhecimento do mundo das causas, como a arte. O mistério da vida reside no fato de que o *noumenon*, i. e., o significado oculto e a função oculta de uma coisa refletem-se em seu fenômeno. Um fenômeno é meramente o reflexo de um *noumenon* em nossa esfera. O fenômeno é a imagem do *noumenon*. É possível conhecer o *noumenon* pelo fenômeno. Mas neste campo os reagentes químicos e espectroscópios não podem realizar nada. Apenas aquele belo aparelho que é chamado de alma de um artista pode entender e sentir o reflexo do *noumenon* no fenômeno. Na arte, é necessário estudar o "ocultismo" - o lado oculto da vida. O artista deve ser um clarividente: ele deve ver aquilo que os outros não veem; ele deve ser um mago: deve possuir o poder de fazer os outros verem aquilo que eles próprios não veem, mas que ele vê. A arte vê mais e mais do que nós. (OUSPENSKY, 1922, p. 161-162)

Segundo Ouspensky, o homem é dotado, vulgarmente de uma "consciência simples" que o conduz as noções mais básicas do ser. Iniciada sua busca por autoconhecimento ele se eleva gradualmente para a "autoconsciência" e, através de seu esforço, ele poderá alcançar níveis mais elevados de uma "consciência cósmica"[73]. A consciência cósmica é também possível de ser alcançada através da emoção inerente à criação, como na pintura, na música etc. Para ele, a arte em suas mais altas manifestações é um caminho para a consciência cósmica, entretanto, o desdobramento desta consciência exige certa cultura de vida, exige uma vida correspondente (OUSPENSKY, 1922).

Ouspensky acreditava que aspectos da "nova física" de Einstein e Minkowski haviam provado as limitações do positivismo e, ao mesmo tempo, o quanto ele mesmo estava correto em sua própria previsão de uma quadridimensionalidade do espaço (HENDERSON, 2013). Embora sendo ele formado em matemática e o conceito da quarta dimensão fosse central para sua filosofia, diferentemente dos seus antecessores, Ouspensky não fez uso das geometrias em suas argumentações.

---

[73] O termo "consciência cósmica" usado por Ouspensky tem origem no livro "*Cosmic Consciousness: A Study in the Evolution of the Human Mind",* de 1901, do proeminente psiquiatra canadense Richard Maurice Bucke (1837-1902). Este termo, por sua vez, foi derivado da variação do conceito oriental de "consciência universal", originalmente presente no livro "*From Adam's Peak to Elephanta: Sketches in Ceylon and India*", de 1892, de Edward Carpenter. Carpenter foi um filósofo e poeta inglês que conta suas experiências espirituais após uma viajem longa pela Índia e Ceilão em 1890.

7.6 Resumindo sobre a filosofia do hiperespaço

Em resumo, os filósofos do hiperespaço acreditavam firmemente que a quarta dimensão espacial era uma realidade física. No entanto, se opunham a quaisquer necessidades ou exigências de provas empíricas para sua aceitação. Em reação aos "males" do positivismo e do materialismo, eles combateram fortemente tais posturas defendendo que o homem deveria desenvolver sua intuição e ampliar sua "percepção espacial", buscando "perceber" a verdadeira realidade.

Estes filósofos assumiram uma posição bastante idealista, recorrendo frequentemente ao *noumenon*, a "coisa em si" de Kant, e ao mundo das ideias de Platão, especialmente através da figura do mito da caverna. Esta última servia de analogia perfeita para a ideia de que nossa existência é quadridimensional, apenas não estaríamos aptos ainda para perceber.

Com passar dos anos, os novos escritores da Filosofia do Hiperespaço passaram a associar a quarta dimensão a temas mais místicos e espiritualistas, se aproximando de elementos do ocultismo e da Teosofia. Este foi o caso do filósofo do hiperespaço Claude Bragdon. Já o filósofo do hiperespaço, Peter Ouspensky, buscou uma possível conexão entre lado "psíquico" (psicológico) da mente humana e a quarta dimensão espacial.

Ou seja, a quarta dimensão descrita pela Filosofia do Hiperespaço representava uma dimensão real e não uma especulação matemática. A quarta dimensão não era o próprio tempo, mas uma dimensão extra do espaço, suprassensível, em que nosso mundo tridimensional seria apenas uma secção. Assim, o próprio ser humano não seria um ente tridimensional, mas um ser que vive em quatro dimensões.

Segundo os filósofos do hiperespaço, o tempo representava a forma pela qual os seres humanos, que vivem em três dimensões, percebem os efeitos do movimento através da quarta dimensão. Os objetos ou coisas que descreviam um movimento através da quarta dimensão, perpendicular ao nosso mundo tridimensional, se mostravam para nós na forma do transcorrer do tempo. Ou seja, o tempo era encarado como o resultado da inter-relação de uma quarta dimensão do espaço com as demais três dimensões.

8. A Literatura de Ficção Científica e a Quarta Dimensão

Outro campo do conhecimento humano impactado pelo conceito de quarta dimensão foi o da literatura de ficção científica. Segundo Henderson (2013) e Blacklock (2018), este foi um importante veículo de popularização das ideias sobre a quarta dimensão, em fins do século XIX e início do século XX.

O gênero literário de Ficção Científica (FC) é um gênero ficcional especulativo que, em geral, se remete a conceitos futuristas ligados a ciência e a tecnologia e, na maioria das vezes, especula sobre as potencialidades positivas e negativas das inovações científicas, sociais e tecnológicas. Por se tratar de um gênero literário ficcional, não há o compromisso de veracidade ou real possibilidade de ocorrência dos fenômenos, desenvolvimentos ou acontecimentos descritos em suas histórias. Outro aspecto importante é que a FC forneceu campo e material vasto e valioso para que seus autores pudessem expor suas insatisfações e críticas político-sociais e econômicas.

Para Isaac Asimov (1975), a ficção científica pode ser entendida como o gênero literário que lida com as reações humanas às mudanças na ciência e na tecnologia. Segundo ele, "*Somnium*" escrito por Johannes Kepler em 1634 seria a primeira história realmente de ficção científica; nesse trabalho, Kepler retrata uma viagem à Lua e como o movimento da Terra é visto a partir de lá (ASIMOV, 1977).

Podemos encontrar ainda outros autores em períodos anteriores ao século XIX escrevendo o que poderíamos considerar como histórias de ficção científica, como Francis Bacon, "*New Atlantis*" (1627), Cyrano de Bergerac, "*L'Autre monde ou les états et empires de la Lune*" (1657), Margaret Cavendish, "*The Blazing-World*" (1666) e Voltaire, "*Micromégas*" (1752), dentre muitos outros autores (ASIMOV, 1975).

Uma história fundamental para o gênero de ficção foi o livro Frankenstein de Mary Shelley (1818) que acabou por oferecer um modelo de escrita para o gênero, o formato de romance (ASIMOV, 1975). Outros nomes importantes foram Edgar Allan Poe, Jules (Júlio) Verne e H. G. Wells, sendo este último o escritor mais comprometido com as discussões a respeito da quarta dimensão em suas obras (HENDERSON, 2013).

Além de H. G. Wells podemos citar ainda alguns outros nomes que flertaram com a quarta dimensão e com as geometrias não-euclidianas em suas obras, como Dostoiévski,

Oscar Wilde, Joseph Conrad, Ford Madox Ford e outros (HENDERSON, 2013; BLACKLOCK, 2018).

Tendo em vista o papel importante desenvolvido pela ficção científica na divulgação do conceito de quarta dimensão nesse período (HENDERSON, 2013), decidimos elencar os autores que nos pareceram mais relevantes e tecemos alguns comentários sobre algumas de suas obras. Reforçamos que procuramos tratar especificamente daqueles autores que dialogaram com a ideia de quarta dimensão. Também é importante reforçar que não pretendemos estabelecer uma análise literária profunda. Não é este o objetivo deste trabalho e tal empreendimento extrapolaria a intenção deste capítulo, que é de fornecer apenas uma noção de como a ideia de quarta dimensão se disseminou na cultura em geral e, em particular aqui, na literatura do final do século XIX e início do século XX.

8.1 Edwin Abbott Abbot

Edwin Abbott (1838 - 1926) foi um escritor e erudito inglês, professor em Birmingham e em Cambridge. Entre suas obras mais importantes, sendo a maior parte delas de cunho religioso, encontramos "*Flatland - A Romance of Many Dimensions*"[74] (Planolândia – Um Romance de Muitas Dimensões), de 1884.

Flatland é um romance escrito por Abbott, sob o pseudônimo de "*A Square*", em que ele descreve um mundo em duas dimensões, *Flatland*, e seus habitantes, figuras da geometria plana. Nesse mundo plano, pontos, linhas, polígonos e círculos representam as classes sociais da Inglaterra Vitoriana[75] e são analogias críticas à hierarquia sociocultural do século XIX (HENDERSON, 2013).

Flatland foi, possivelmente, o primeiro exemplo de ficção sobre a quarta dimensão a ser publicado. A história descrita por Abbott é baseada na premissa de que a compreensão de um mundo tridimensional por seres bidimensionais se compara ao

[74] Disponível em: <https://archive.org/details/Flatland_201702>. Visitado em 16/01/2020.

[75] A chamada "Era Vitoriana" vai de junho de 1838 a janeiro de 1901 e compreende o período de reinado da Rainha Vitória no Reino Unido. Foi um longo período de paz e relativa prosperidade para o povo britânico, *Pax Britannica*. Nesse período o Reino Unido se beneficiou dos lucros adquiridos pela expansão do Império no exterior, como a consolidação da Revolução Industrial e o acelerado surgimento de inovações tecnológicas.

significado da quarta dimensão para nós, seres tridimensionais (HENDERSON, 2013). Nela, o herói da história é um quadrado e representa um plebeu em *Flatland*. Ao contrário das mulheres, representadas por linhas, os homens variam sua forma de acordo com o nível social, quanto maior o número de seus lados, maior a classe social: os triângulos e quadrados são os de mais baixo nível, conforme a posição social se eleva encontramos polígonos mais complexos até que, no mais elevado nível, encontramos os círculos perfeitos, que são sacerdotes em *Flatland* (BLACKLOCK, 2018).

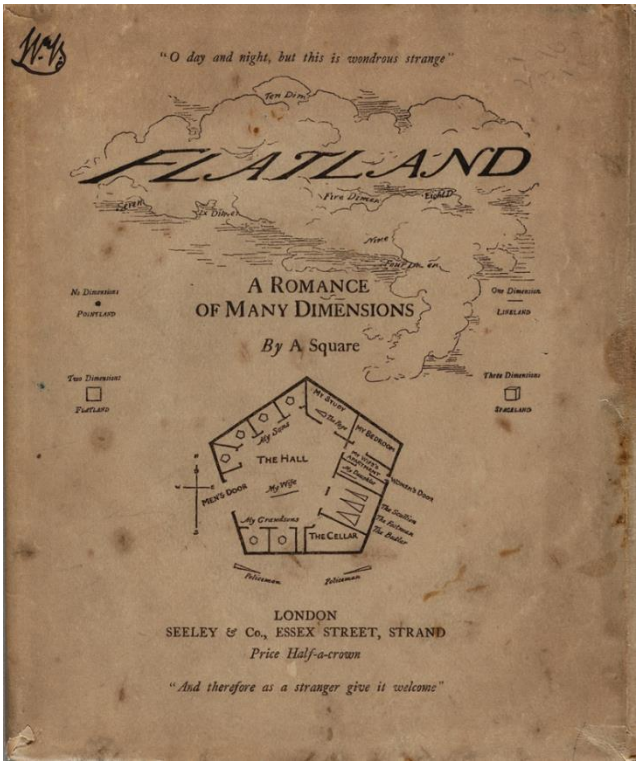


Figura 8.1 - Capa do livro *Flatland*.
Fonte: (ABBOTT, 1963, p. capa)

Em *Flatland*, as irregularidades nas figuras geométricas (deficiências físicas) representam uma desgraça punida com a morte ou com internação em um hospital, para tentar corrigir o desvio. O casamento entre figuras geométricas diferentes (classes sociais distintas) é visto com desconfiança. As mulheres representam um perigo para os homens pois, como são linhas, podem não ser vistas de algumas posições, parecerão pontos. Se um homem triângulo ou quadrado etc., se chocar com ela pode sofrer sérios danos devido a sua natureza pontiaguda. As categorias sociais também mudam para os homens que

podem não ser quadrados, mas sim triângulos e, se forem das classes mais baixas como a dos soldados e dos artesãos, seus lados serão irregulares (ABBOTT, 1963).

Em *Flatland* é estritamente proibido falar ou pensar em uma terceira dimensão. Tal coisa seria extremamente profana e "herética". A história narra a experiência extraordinária de um quadrado que, em certa noite, é visitado por uma esfera da terceira dimensão que se materializa dentro de sua casa. Esta esfera, primeiramente aparece para o quadrado como um ponto que, paulatinamente, fica maior e maior à medida que passa pelo plano de *Flatland*. Em certo momento, o quadrado é levado pela esfera para uma dimensão perpendicular ao plano em que vive e, assim, consegue perceber as maravilhas do mundo tridimensional. Ele fica tão impressionado que logo indaga a esfera sobre a existência de outras dimensões ainda mais elevadas (BLACKLOCK, 2018). Em um diálogo entre a esfera e o quadrado, percebemos quão impressionado com tal acontecimento ele fica e assim se expressa:

> Senhor, sua própria sabedoria me ensinou a aspirar a alguém ainda maior, mais bonito, e mais próximo da perfeição. Como o senhor, superior a todas as formas de Planolândia, é uma combinação de muitos círculos em um, sem dúvida existe alguém acima, que é uma combinação de muitas esferas em um ente supremo que supera até os sólidos de Espaçolândia. E exatamente como nós, que agora estamos no espaço, olhamos para baixo, para Planolândia, e vemos os interiores de todas as coisas, certamente existe mais acima de nós uma região mais elevada, mais pura, para onde vós sem dúvida tendes o propósito de me levar (ó vós, a quem eu sempre chamarei, em toda parte e em todas as dimensões, de meu sacerdote, filósofo e amigo) um espaço mais espaçoso, uma dimensionalidade mais dimensionável, uma posição vantajosa de onde olharemos juntos para baixo, para os interiores revelados das coisas sólidas, e onde seus intestinos, e os de suas esferas aparentadas, estarão expostos à vista do pobre exilado desgarrado de Planolândia, a quem tanto já foi concedido. (ABBOTT, 1963, p. 92) (Tradução nossa)[76]

[76] *My Lord, your own wisdom has taught me to aspire to One even more great, more beautiful, and more closely ap-proximate to Perfection than yourself. As you yourself, superior to all Flatland forms, combine many Circles in One, so doubdas there is One above you who combines many Spheres in One Supreme Existence, surpassing even the Solids of Spaceland. And even as we, who are now in Space, look down on Fladand and see the insides of all things, so of a certainty there is yet above us some higher, purer region, whither thou dog surely purpose to lead me-0 Thou Whom I shall always call, everywhere and in all Dimensions, my Priest, Philosopher, and Friend—some yet more spacious Space, some more dimen-sionable Dimensionality, from the vantage-ground of which we shall look down together upon the revealed insides of Solid things, and where thine own intestines, and those of thy kin-dred Spheres, will lie exposed*

Infelizmente, para o quadrado, após uma briga com a esfera ele é mandado de volta para *Flatland*, onde acaba sendo aprisionado por seus contos a respeito de uma terceira dimensão. A mensagem bem humorada de Abbott, além de discutir as dimensões do espaço e satirizar os que se recusavam a admitir a possibilidade de uma quarta dimensão em sua época, faz duras críticas a sociedade inglesa (HENDERSON, 2013; BLACKLOCK, 2018). Com sua história, Abbott revela sua familiaridade com certos aspectos da geometria n-dimensional e as possibilidades de existência de dimensões ainda mais elevadas.

A associação da história de Abbott, em *Flatland*, com a alegoria da caverna de Platão e seus personagens aprisionados pelas sombras da própria existência, funcionava muito bem como uma validação filosófica para suas discussões a respeito da quarta dimensão. A alegoria da caverna também se relacionava muito bem com as questões político-sociais que ele, veladamente, se propôs a expor e discutir nesta obra. Flatland alcançou sucesso instantâneo, com uma segunda edição em 1884 e nove sucessivas reimpressões até 1915 (HENDERSON, 2013).

Segundo Blacklock (2018), os críticos trataram *Flatland* como um exemplo inicial de ficção científica e fantasia envolvendo dimensões superiores. Já os cientistas e matemáticos incorporaram suas analogias como mecanismos inteligentes de apresentar aos alunos conceitos de dimensionalidade e espaços não-euclidianos, o que é feito até os dias atuais por vários professores.

8.2 Lewis Carrol

Lewis Carroll, pseudônimo adotado por Charles Lutwidge Dodgson (1832 - 1898), foi um matemático por profissão, uma vez que era professor de matemática na Universidade de Oxford, mas que se tornou conhecido como escritor, romancista, poeta, desenhista e fotógrafo.

---

to the view of the poor wan-dering exile from Flatland, to whom so much has already been vouchsafed. (ABBOTT, 1963, p. 92)

Sua obra mais famosa foi “Alice no País das Maravilhas”, tradução abreviada de “*Alice’s Adventures in Wonderland*”[77], de 1865, que foi um sucesso de vendas e continua popular até os dias de hoje. Esta é uma obra do gênero literário conhecido como *nonsense*, “sem sentido, fantasioso”.

A narrativa conta as aventuras da menina Alice que, após cair numa toca de coelho, é transportada para uma outra dimensão, um lugar fantástico povoado por criaturas antropomórficas muito peculiares e com uma realidade em que a lógica do absurdo e a dinâmica dos sonhos parece imperar.

Por ser um livro em linguagem fortemente figurada e fantasiosa, sua história pode ser interpretada de várias maneiras. Uma das interpretações possíveis pode ser a representação da entrada súbita e inesperada na adolescência (a queda na toca do coelho). Outro detalhe que leva a esta interpretação pode ser o das mudanças de tamanho e a confusão causada em Alice, levando-a a dizer não mais saber quem é após tantas transformações (CARROLL, 2002). Este último é um fato que não é incomum na psicologia adolescente.

Embora o livro de Carroll tenha sido escrito em linguagem simples e acessível, ele se beneficiou de uma linguagem figurada para expor e criticar a sociedade e a cultura de sua época. Esta obra está repleta de alusões satíricas relacionadas a amigos e a inimigos de Carroll, além de ser uma paródia à poemas infantis muito populares no século XIX. Há ainda muitas referências a elementos da matemática, através de enigmas que podem ser resolvidos com algum raciocínio lógico e também com outros conhecimentos da matemática (CARROLL, 2002).

Uma continuação para este livro foi escrita em 1871, sob o nome de “*Alice through the looking glass*” (Alice Através do Espelho). Embora Dodgson (Lewis Carroll) fosse conhecedor das geometrias n-dimensionais e da quarta dimensão, ele dificilmente defendia a ideia das dimensões mais elevadas. Dodgson simplesmente encontrou possibilidades cômicas em uma quarta dimensão. Nas duas aventuras de Alice nessa dimensão espetacular, ele representa mais uma espécie de comentário sobre o fascínio inglês contemporâneo por dimensões mais elevadas do que apresentar sua própria convicção em uma quarta dimensão (HENDERSON, 2013).

---

[77] Disponível em: <https://archive.org/details/aliceinwonderland_201907/page/n1>. Visitado em 17/01/2020.

Em sua segunda jornada no país das maravilhas, "*Através do espelho"*, Carroll faz uso frequente da ideia de simetria e de imagens espelhadas, além do uso de paradoxos lógicos e argumentos circulares. Nessa continuação do primeiro livro a protagonista, Alice, novamente entra em um mundo fantástico, só que desta vez passando através de um espelho que a leva para esta dimensão. Lá estando, ela tem que superar vários obstáculos estruturados como etapas de um jogo de xadrez até se tornar rainha (CARROLL, 2002).

Segundo Blacklock (2018), o espelho tem uma relação imediata com os espaços superiores. O fato de podermos observar uma inversão do plano visual sempre gerou curiosidade. Em finais do século XIX os espelhos chegaram a ser imaginados como portais espaciais para outras dimensões, a quarta dimensão talvez.

> O que você acharia de morar na Casa do Espelho, Kitty? Será que lhe dariam leite lá? Talvez o leite do Espelho não seja gostoso… mas, oh, Kitty! agora chegamos ao corredor. Só se consegue dar uma espiadinha no corredor da Casa do Espelho deixando a porta da nossa sala de estar escancarada: é muito parecido com o nosso corredor, até onde se pode ver, só que adiante pode ser completamente diferente. Oh, Kitty, como seria bom se pudéssemos atravessar para a Casa do Espelho! Tenho certeza de que nela, oh! há tantas coisas bonitas! Vamos fazer de conta que é possível atravessar para lá de alguma maneira, Kitty. Vamos fazer de conta que o espelho ficou todo macio, como gaze, para podermos atravessá-lo. Ora veja, ele está virando uma espécie de bruma agora, está sim! Vai ser bem fácil atravessar… Estava de pé sobre o console da lareira enquanto dizia isso, embora não tivesse a menor ideia de como fora parar lá. E sem dúvida o espelho estava começando a se desfazer lentamente, como se fosse uma névoa prateada e luminosa. (CARROLL, 2002, p. 152)

Neste mundo, agora não tão maravilhoso, ela descobre que tudo é invertido, inclusive a lógica, as coisas são opostas assim como um reflexo no espelho. O livro exalta a esperteza de Alice, que os adultos tomam por insolência, sem a qual não sobreviveria nesse mundo fantástico.

Charles L. Dodgson (Lewis Carroll), pode ter sido uma das fontes de inspiração para o pensamento de Abbott em *Flatland*, uma vez que este último foi contemporâneo a Dodgson em Oxford. Dodgson havia produzido um texto em 1865, "*Dynamics of a*

Particle"[78], no qual discute suas preocupações a respeito da geometria não-euclidiana e o quinto postulado de Euclides. Na introdução desse livro, ele descreve uma pequena história de um par de criaturas lineares que deslizam sobre uma superfície plana.

> Era uma adorável noite de outono, e os efeitos gloriosos da aberração cromática estavam começando a aparecer na atmosfera, à medida que a Terra se afastava do grande luminar ocidental, quando duas linhas poderiam ter sido observadas percorrendo seu caminho cansado pelas superfícies planas. O mais velho dos dois havia adquirido por muito tempo a arte, tão dolorosa para jovens loucos e impulsivos, de estar uniformemente entre seus pontos extremos; mas a mais jovem, em sua impetuosidade feminina, sempre desejava divergir e se tornar uma hipérbole ou uma curva romântica e sem limites. Eles haviam vivido e amado: o destino e as superfícies intermediárias os mantiveram até então separados, mas isso não era mais o caso: uma linha os cruzara, juntando os dois ângulos interiores menos de dois ângulos retos. Foi um momento para nunca ser esquecido e, à medida que avançavam, um sussurro emocionou-se ao longo das superfícies em ondas isócronas de som: Sim! Vamos nos encontrar, se produzidos continuamente! (DODGSON, 1874, p. Introdução) (Tradução nossa)[79]

Podemos perceber que existe alguma proximidade entre *Flatland* e esta pequena história escrita por Dodgson, dezenove anos antes de Abbott escrever seu livro.

8.3 Charles Howard Hinton

Ainda em Londres, em 1884, Hinton publicou um dos primeiros textos sobre a quarta dimensão, o já mencionado "O que é a Quarta Dimensão?", juntamente com uma

---

[78] Disponível em: <https://en.wikisource.org/wiki/The_Dynamics_of_a_Parti-cle>. Visitado em 18/01/2020.

[79] *It was a lovely Autumn evening, and the glorious effects of chromatic aberration were beginning to show themselves in the atmosphere as the earth revolved away from the great western luminary, when two lines might have been observed wending their weary way across a plane superficies. The elder of the two had by long practice acquired the art, so painful to young and impulsive loci, of lying evenly between his extreme points; but the younger, in her girlish impetuosity, was ever longing to diverge and become an hyperbola or some such romantic and boundless curve. They had lived and loved: fate and the intervening superficies had hitherto kept them asunder, but this was no longer to be: a line had intersected them, making the two interior angles together less than two right angles. It was a moment never to be forgotten, and, as they journeyed on, a whisper thrilled along the superficies in isochronous waves of sound, Yes! We shall at length meet if continually produced!* (DODGSON, 1874, p. Introdução)

série de romances científicos, publicados em um único volume entre 1884 e 1885. Este livro eram uma combinação de ensaios de sua filosofia do hiperespaço e contos de ficção sobre a quarta dimensão. Após ter passado pelo Japão e já residindo nos Estados Unidos, Hinton continuou a escrever contos científicos, paralelamente aos seus textos mais filosóficos sobre a quarta dimensão.

Iremos aqui apenas mencionar seu último trabalho, "*An Episode of Flatland*"[80] (1907), onde Hinton faz uma espécie de releitura de *Flatland.* Nesse trabalho ele elabora uma nova história, sobre o tema de Abbott, carregada de conotações religiosas e dando maior ênfase dramática (HENDERSON, 2013).

Diferente de Flatland, a história de Hinton reside em um mundo chamado "Astria", que, ao diferentemente do mundo plano de Abbott, possui norte, sul, leste e oeste. No entanto não existe cima e baixo. As pessoas que residem em Astria vivem à beira de um disco, que é o seu mundo. Para eles existe uma terceira dimensão, no entanto apenas teórica e matematicamente. Alguns de seus astrônomos acham que uma catástrofe iminente se aproxima. Um de seus filósofos acredita que existe uma terceira dimensão e mostra às pessoas como seu mundo pode ser inclinado e a catástrofe evitada (HINTON, 1907).

É inevitável perceber que o filósofo "salvador do mundo", que acredita na terceira dimensão e prega a possibilidade de salvá-lo, é uma referência ao próprio Hinton e suas próprias convicções filosóficas sobre dimensões superiores e o despertar da consciência cósmica. Já os personagens de Astria agem e pensam de maneira muito semelhante a nós e filosofam sobre uma dimensão superior, assim como o próprio Hinton a respeito da quarta dimensão. Não podemos negar que há muita coerência entre os trabalhos ficcionais de Hinton e sua própria filosofia.

8.4 Herbert George Wells

Um dos mais proeminentes escritores de ficção científica da virada dos séculos XIX e XX foi Herbert George Wells (1866 - 1946). Wells foi um prolífico escritor inglês

[80] Disponível em <http://www.forgottenfutures.co.uk/flat2/flat2-00.htm>. visitado em 20/01/2020.

e um atento crítico social que dedicou seus talentos literários ao desenvolvimento de uma visão progressista e global da sociedade. Ele escreveu dezenas de romances, contos e obras de ficção científica recheadas de comentários e críticas sociais, históricas e satíricas a respeito do modo de vida da sociedade europeia (HENDERSON, 2013).

Segundo Henderson (2013), ele foi um futurista que escreveu uma série de obras utópicas e foi capaz de prever o advento de aeronaves, tanques, viagens espaciais, armas nucleares, televisão por satélite e algo parecido com a World Wide Web. Suas obras de ficção científica abordavam temas como viagem no tempo, invasões alienígena, invisibilidade e ainda a engenharia biológica.

Em seu conto mais famoso, "*The Time Machine*"[81], de 1895, ele abordou a possibilidade das viagens através do tempo. Nesse conto, o personagem principal da história faz uso de uma máquina misteriosa, parcamente descrita por Wells, que o impulsiona para o futuro, para o ano de 802701. A narrativa se desenrola em torno da descrição da sociedade que o viajante encontra, os conflitos que enfrenta e sua dramática fuga desse futuro.

Nesta obra, Wells assume a quarta dimensão como sendo temporal e, para explicar a possibilidade das viagens pelo tempo, o personagem principal faz uma explanação no início da história. Ele explica a quarta dimensão a outros personagens através das geometrias de dimensões superiores. Seguindo esta linha de raciocínio ele explica sua teoria de que é possível se mover no tempo, da mesma forma como se faz comumente no espaço (HENDERSON, 2013).

> Claramente, prosseguiu o Viajante do Tempo, "qualquer corpo real deve ter extensão em quatro direções: comprimento, largura, espessura e duração. Mas através de uma enfermidade natural da carne, que explicarei a você em um momento, inclinamos a ignorar esse fato. Na verdade, existem quatro dimensões, três que chamamos de três planos do espaço e uma quarta, o tempo. Há, no entanto, uma tendência a estabelecer uma distinção irreal entre as três primeiras dimensões e a segunda, porque acontece que nossa consciência se move intermitentemente em uma direção ao longo da última, do começo ao fim de nossas vidas. [...] Realmente é isso que a Quarta Dimensão quer dizer, embora

[81] Os Livros de H. G. Wells estão disponíveis para leitura e download no *site The Project Gutenberg EBook*. Endereço: < http://www.gutenberg.org/files/57490/57490-h/57490-h.htm>. Acessado em 19/12/2019.

> algumas pessoas que falam sobre a Quarta Dimensão não saibam o que querem dizer. É apenas outra maneira de ver o tempo. Não há diferença entre o tempo e qualquer uma das três dimensões do espaço, exceto que nossa consciência se move ao longo dele. (WELLS, 2018) (Tradução nossa)[82]

O personagem viajante do tempo, de Wells, se mostra como um amplo conhecedor das geometrias n-dimensionais e argumenta com clareza que não há diferença entre o tempo e qualquer uma das três dimensões do espaço, exceto que nossa consciência se move ao longo dele (BLACKLOCK, 2018).

No texto, o viajante do tempo continua demostrando estar inteirado das discussões a respeito das geometrias n-dimensionais. Ele chega a mencionar as palestras do astrônomo e matemático americano-canadense Simon Newcomb (1835 - 1909), enquanto continuava suas explicações sobre os estudos de tais geometrias. Ele ainda afirma estar a algum tempo realizando pesquisas nessa direção (WELLS, 2018). A história se inicia de fato, a partir do momento em que ele é solicitado a fornecer algum "experimento" que prove sua dissertação teórica.

Há quem entenda o "Viajante no Tempo" de Wells como uma espécie de profeta da Teoria da Relatividade (BLACKLOCK, 2018). No entanto, a ideia de que existia uma quarta dimensão e que esta poderia ser o tempo, remontam aos trabalhos de D'Alembert (1717 - 1783). Segundo Archibald (1914), o primeiro registro a este respeito apareceu na famosa Enciclopédia Francesa, editada por Diderot (1713-1784) e d'Alembert, em 1754.

Como vimos anteriormente, a ideia de que a quarta dimensão é o tempo não era um consenso na época, nem mesmo para o próprio H. G. Wells, que também empregou a quarta dimensão como uma dimensão espacial em outras histórias e contos que escreveu (HENDERSON, 2013).

---

[82] *Clearly, the Time Traveller proceeded, "any real body must have extension in four directions: it must have Length, Breadth, Thickness, and—Duration. But through a natural infirmity of the flesh, which I will explain to you in a moment, we incline to overlook this fact. There are really four dimensions, three which we call the three planes of Space, and a fourth, Time. There is, however, a tendency to draw an unreal distinction between the former three dimensions and the latter, because it happens that our consciousness moves intermittently in one direction along the latter from the beginning to the end of our lives. […] Really this is what is meant by the Fourth Dimension, though some people who talk about the Fourth Dimension do not know they mean it. It is only another way of looking at Time. There is no difference between Time and any of the three dimensions of Space except that our consciousness moves along it.* (WELLS, 2018)

Em "*The Remarkable Case of Davidson's Eyes*" (O notável caso dos olhos de Davidson), de 1895, o protagonista da história é encontrado caído no chão e cercado pelos fragmentos de um eletrômetro quebrado após um acidente no laboratório. Após este acidente, o personagem Davidson se torna capaz de observar eventos em ilhas nos Mares do Sul, enquanto ainda está em Londres, por meio de uma "torção no espaço". A explicação espetacular do fenômeno é que dois mundos tridimensionais devem ser dobrados em um espaço quadridimensional e, assim, possibilitando o fenômeno descrito no conto. A analogia utilizada é a da dobradura em uma folha de papel que possibilita o encontro de dois pontos distantes de uma folha plana (BLACKLOCK, 2018).

No conto, "*The Wonderful Visit*" (A Visita Maravilhosa), também de 1895, a base da história é a ideia de mundos tridimensionais adjacentes, mas separados. Segundo Henderson (2013) a narrativa descreve um anjo, conhecedor da natureza quadridimensional do espaço, que cai do seu mundo celestial em uma vila rural inglesa. O foco da narrativa repousa, com ênfase, na mesquinhez e na visão de mundo limitada dos aldeões. Podemos fazer uma aproximação deste anjo do conto de Wells com a esfera onisciente do conto de Abbott, *Flatland*, que aparece para expor a visão de mundo limitada dos seres que vivem na Planolândia.

Já em uma outra obra de Wells, "*The Plattner Story*" (A História de Plattner), de 1896, a noção de simetria tridimensional é explorada, juntamente com a ideia de que um objeto poderia passar por dentro de si mesmo, na quarta dimensão. Nessa história, um professor de ciências sofre um acidente ao manusear seus produtos químicos que provoca uma grande explosão e, depois de desaparecer por nove dias ele reaparece como um uma imagem espelhada de si mesmo (HENDERSON, 2013).

O professor, Gottfried Plattner, reaparece com o seu coração batendo no lado direito do corpo, e não do esquerdo, além de todas as outras partes do corpo estarem simetricamente invertidas. O lobo direito do fígado está do lado esquerdo, o esquerdo do lado direito; enquanto seus pulmões também são contrapostos. Wells oferece como explicação que a inversão dos lados direito e esquerdo de Plattner é prova de que ele saiu do nosso espaço para a quarta dimensão e retornou ao nosso mundo (BLACKLOCK, 2018). Nesse conto, fica clara ideia espacial da quarta dimensão.

Outra obra de Wells é "*The Invisible Man*" (O Homem Invisível), de 1897. Nessa história, um cientista se tornou invisível após o desenvolvimento de uma fórmula

matemática, uma expressão geométrica envolvendo quatro dimensões que o levou a compreender a maneira de transitar pela quarta dimensão. Nesse caso ele considerou novamente a quarta dimensão como sendo espacial. Há uma possível inspiração de Wells no romance científico escrito por Hinton, em 1895, sobre uma garota invisível, Stella. A invisibilidade de Stella foi produzida pela redução de seu "coeficiente de refração" a zero, um processo com fortes sobre tons da quarta dimensão (HENDERSON, 2013).

Para as ficções científicas de HG Wells, a quarta dimensão teorizada por Hinton proporcionava um meio pelo qual ele pudesse expor suas especulações fundamentadas no materialismo científico. A quarta dimensão se enquadrava bem como um truque narrativo para conduzir os leitores à mundos e dimensões existenciais superiores e, depois, os mesmos retornassem alterados de alguma forma (BLACKLOCK, 2018).

Outro traço teórico presente no principal trabalho de H. G. Wells, "*The Time Machine*" é a noção de evolução advinda do trabalho de Charles Robert Darwin (1809 - 1882). O trabalho do naturalista britânico que resultou em "A Origem das Espécies" tem um papel central em "*The Time Machine*". Wells faz uso das diversas técnicas de ilusionismo e de convenções da utopia literária para encenar uma visão de mundo embasada na lógica darwinista. Ele imprime em seus personagens do futuro as diversas implicações da teoria de Darwin para a vida natural e social (MATHIAS, 2013).

> Com a criação de Elois e Morlocks[83], ele apresenta ao público uma alternativa do desenvolvimento humano e natural, indicando as consequências máximas não somente dos aspectos positivos de um pensamento evolucionista, mas também de seus lados mais obscuros. (MATHIAS, 2013, p. 49)

Segundo Mathias (2013), todas as características exóticas da paisagem futura descrita por Wells, inclusive a flora e fauna resultante da manipulação humana por séculos, representa a compreensão de Wells a respeito da teoria de Darwin. Inclusive as representações criadas por ele para discutir as implicações positivas e negativas do ideal de dominação e transformação desta natureza às necessidades humanas.

[83] Eloi e Morlocks são duas vertentes da evolução humana encontradas pelo viajante do tempo no ano de 802701. Os Elois são seres angélicos, simples e de comportamento fortemente infantil. Este nome é imperado no nome grego Elysion, que pode significar "agradável". Já os Morlocks são seres simiescos e rudes que vivem em cavernas no subterrâneo e são a antítese dos Elois.

Percebemos, assim, como a cultura científica de sua época está fortemente presente e fundamenta toda sua elaboração criativa. Todos estes elementos compõem o propósito literário e social de Wells em sua obra e são o substrato da sociedade europeia do final do século XIX.

8.5 Oscar Wilde

Oscar Fingal O'Flahertie Wills Wilde (1854 - 1900), foi um importante escritor, poeta e dramaturgo britânico. Oscar Wild, como ficou conhecido, conta com muitos poemas e peças de teatro, no entanto, seu trabalho mais popular foi o único romance que escreveu, "*The Picture of Dorian Gray*". O Retrato de Dorian Gray foi um romance filosófico publicado pela primeira vez como um conto na revista mensal *Lippincott's Monthly Magazine*. A versão em formato de livro, no gênero de romance, foi editada em 1891. Apesar de não ser um tema recorrente nas obras de Wilde, a quarta dimensão também apareceu em uma de suas obras de 1887. "*The Canterville Ghost"* é um conto a respeito de uma família americana que se muda para um castelo na Inglaterra, em pleno século XIX. Este castelo é assombrado pelo fantasma de um nobre inglês que, após ter assassinado sua esposa, foi deixado aprisionado no castelo para morrer de fome (BLACKLOCK, 2018).

Esta história foi publicada em duas partes na revista *The Court and Society Review*, em 23 de fevereiro e em 2 de março de 1887. Nela, Wilde mistura o terror com a comédia justapondo os artifícios mais comuns das histórias tradicionais de fantasmas: ranger de tábuas do assoalho, som de correntes sendo arrastadas e profecias antigas. Tudo isso é apresentado com um tom satírico que beira a comédia. Nesta "paródia" irreverente de histórias de fantasmas, Wilde satiriza tanto a quarta dimensão quanto as "Sociedades Psíquicas" e todos que levaram a sério os estudos sobre os fenômenos sobrenaturais dessa época (HENDERSON, 2013).

O toque de humor e sátira da história se constrói sobre os clichês mais óbvios utilizados nas crónicas sobre mansões assombradas, novos moradores ingênuos, sucessivos ruídos durante a madrugada e vários outros artifícios. Todos estes elementos são utilizados para destilar sua ironia sobre a sociedade inglesa e a incipiente sociedade norte-americana (BLACKLOCK, 2018).

Após um rápido e cômico diálogo entre o fantasma de Canterville e o embaixador americano, Hiram B. Otis, que adquiriu o castelo mencionado, o fantasma correu apressado e raivoso pelos corredores. Ao subir as escadarias da casa, ele encontra outros moradores que, assustados, atiram contra ele um travesseiro. É nesse instante que Wilde narra o seguinte trecho:

> Porém, ao atingir o alto da grande escadaria de carvalho, abriu-se bruscamente uma porta, apareceram dois pequenos vultos vestidos de branco, e um rotundo travesseiro passou-lhe, zumbindo, rente à cabeça! Decididamente, não havia tempo a perder e, adotando como rápido meio de salvação a quarta dimensão do espaço, esvaiu-se através do revestimento de madeira das paredes, após a qual a habitação recuperou a sua calma. (WILDE, 1997, p. 11)

Nesta história, Wilde faz referência claramente à quarta dimensão espacial, de acordo com a definição de Hinton, e não como o tempo. A referência a quarta dimensão ocorre uma única vez em todo o texto, entretanto esta referência nos mostra como o tema extravasava os meios científicos da época e era conhecido por Oscar Wilde.

8.6 Joseph Conrad e Ford Madox Ford

Joseph Conrad (1857 - 1924) foi um escritor britânico de origem polonesa, já Ford Madox Ford (1873 - 1939) foi um romancista, poeta, crítico e jornalista inglês. Ambos contribuíram em alguns trabalhos literários e um deles foi "*The Inheritors: An Extravagant Story*"[84] (Os Sucessores: Uma História Extravagante) está incluído e é a obra que iremos tratar aqui.

The Inheritors (os sucessores), de 1901, é um romance de ficção em que os autores analisam a evolução mental da sociedade e os ganhos e perdas nesse processo. Este trabalho foi escrito antes da Primeira Guerra Mundial, mas sua temática sobre a corrupção e os desvios da aristocracia britânica pareciam prever o que estava por vir (BLACKLOCK, 2018).

[84] Disponível em: <https://archive.org/details/inheritorsanext00fordgoog/page/n20>. Acessado em 12/01/2020.

Os sucessores são uma raça de seres extraterrestres extremamente frios e materialistas que se infiltram na sociedade, disfarçados de humanos, e cujo objetivo é ocupar a terra. O drama é contado através do olhar de Arthur, um malsucedido escritor inglês que conhece uma mulher misteriosa e fascinante. Em um diálogo entre os dois, logo nas primeiras páginas, ela afirma ser da quarta dimensão e ser um importante membro de um plano para "herdar o planeta Terra" (BLACKLOCK, 2018).

Neste romance, a quarta dimensão tem característica especificamente espacial e é usada como metáfora para as mudanças sociais. Fica subentendido que o que se quer discutir são as mudanças ocorridas quando uma geração tradicionalista é superada por uma geração de valores mais modernos, que acredita em conveniências e de articulações políticas para derrubar a antiga ordem social (HENDERSON, 2013).

8.7 Concurso Scientific American sob o tema da quarta dimensão

Entre os anos de 1900 e 1910, várias noções sobre a quarta dimensão haviam se difundido nos meios populares. O século XX viu a proliferação de artigos sobre o assunto, principalmente nos Estados Unidos, devido a abundância de revistas populares que abriram espaço em suas edições para o tema. Esta "excitação" culminou com o concurso público promovido pela *Scientific American*, em 1909, que recebeu ensaios vindos de todo o mundo. Os ensaios para o concurso deveriam apresentar a melhor explicação popular possível da quarta dimensão. As instruções para a participação no concurso eram de que os trabalhos deveriam ter em média duas mil e quinhentas palavras e serem textos simples em que o leitor leigo pudesse entendê-los (BLACKLOCK, 2018).

Nesses ensaios, a quarta dimensão foi interpretada como uma dimensão espacial por todos os participantes do concurso, o tempo como a quarta dimensão não é sequer mencionado em nenhum dos trabalhos. A maioria dos concorrentes não se preocupa em atribuir realidade física ao conceito, apenas alguns poucos filósofos do hiperespaço, que também mandaram suas perspectivas, defenderam uma realidade para a quarta dimensão (HENDERSON, 2013). Entretanto, todos os ensaios apresentam algum grau de proximidade com as ideias desenvolvidas por Hinton. Também são frequentes as ideias que lembram as analogias bidimensionais de Abbott, em *Flatland*, e do tesserato de quatro dimensões de Hinton (BLACKLOCK, 2018).

Alguns trabalhos se mostraram mais matemáticos, explorando as características geométricas dos hipersólidos quadridimensionais de Stringham (Figura 10.2, página 185 desta tese). Os escritores americanos que enviaram ensaios não refletiram o mesmo interesse nas concepções mais exotéricas e místicas, os ensaístas preferiram citar as mais recentes "evidências" científicas para a possível existência da quarta dimensão. Estas tais "evidências científicas" consistiam em especulações recentes sobre a natureza do éter e sobre a teoria atômica. Nenhuma referência a Einstein ou Minkowski foi registrada, mesmo sendo o *continuum* espaço-temporal de Einstein-Minkowski apresentado a público um ano antes, 1908 (HENDERSON, 2013).

8.8 Fiódor Mikhailovitch Dostoiévski

Dostoiévski (1821 - 1881) foi um escritor, filósofo e jornalista do Império Russo considerado um dos maiores romancistas e pensadores da história.

Em sua obra mais famosa, "Os irmãos Karamazov"[85], escrito em 1879, Dostoiévski expressou a ideia de que o espaço absoluto tridimensional não servia mais como explicação do mundo físico, um quarto de século antes da formulação da Teoria da Relatividade de Einstein. A própria ideia de "linha de mundo", de alguma forma, já habitava o espaço-tempo de Dostoievsky (HENDERSON, 2013).

> É preciso notar, no entanto, que, se Deus existe, se criou verdadeiramente a terra, fê-la, como se sabe, segundo a geometria de Euclides, e não deu ao espírito humano senão a noção das três dimensões do espaço. Entretanto, ainda se encontram geômetras e filósofos, mesmo eminentes, para duvidar de que todo o universo e até mesmo todos os mundos tenham sido criados somente de acordo com os princípios de Euclides. Ousam mesmo supor que duas paralelas que, de acordo com as leis de Euclides, jamais se poderão encontrar na Terra, possam encontrar-se, em alguma parte no infinito. Decidi, sendo incapaz de compreender mesmo isto, não procurar compreender Deus. Confesso humildemente minha incapacidade em resolver tais questões; tenho essencialmente o espírito de Euclides: terrestre. De que serve querer resolver o que não é deste mundo? E aconselho-te a jamais quebrar a cabeça a respeito, meu amigo Aliócha, sobretudo

[85] Disponível em < https://archive.org/details/TheBrothersKaramazov1879/page/n6>. Acessado em 13/01/2020.

> a respeito de Deus: existe ele ou não? Essas questões estão fora do alcance dum espírito que só tem a noção das três dimensões. (DOSTOIÉVSKI, 1970, p. 248)

A história diz respeito as desventuras de uma conturbada família que vive em uma cidade da Rússia. O patriarca da família, Fiódor Pavlovitch Karamazov, cresceu econômica e socialmente explorando suas duas mulheres, falecidas precocemente. Com a sua primeira esposa ele teve um filho, Dmitri Fiodorovitch Karamazov, e mais 2 filhos com a segunda esposa: Ivan e Aliêksei Fiodorovitch Karamazov.

É possível que o nome Karamazov tenha sido forjado a partir de "*kara*", "castigo", e do verbo "*mázat*", "sujar", "pintar". Assim, o significado do sobrenome da família Karamazov pode ser, aquele pelo qual seu comportamento errante pinta ou esboça sua própria desgraça, conforme explicam os tradutores do livro para o português (DOSTOIÉVSKI, 1970).

A narrativa se desenrola pela vida destes três irmãos que possuem personalidades extremamente distintas. O mais jovem, Aliêksei, tem um papel fundamental na obra, devido a sua sabedoria, altruísmo e senso de espiritualidade. O filho do meio, Ivan, é um indivíduo fortemente cético e pragmático. Seu censo científico o impede de qualquer identificação ou impulso religioso. Desta forma, estes dois irmãos são completamente opostos em ideologia, senso e atitudes. O irmão mais velho, Dmitri representa o que o ser humano tem de mais rude e conflituoso, com latências quase bárbaras, mas que também revela o mais profundo sentimento romântico por uma personagem secundária ao qual é apaixonado. Com monólogos e diálogos profundos sobre espiritualidade, Dostoiévski apresenta ao leitor as mazelas da alma humana, nos fazendo sentir profunda identidade com os Karamazov (DOSTOIÉVSKI, 1970).

8.9 Resumindo sobre ficção científica e a quarta dimensão

Como pudemos perceber, a quarta dimensão foi um tema amplamente difundido na cultura do final do século XIX e assim permaneceu até as duas primeiras décadas do século XX. É importante notar como o conceito de quarta dimensão temporal é pouco explorado pelos escritores de ficção científica, isso porque não havia unanimidade sobre

o tema. Ao que tudo indica, a quarta dimensão espacial, extra-sensorial, era um conceito muito mais difundido e explorado pelos meios filosóficos e artísticos da época.

Estes e vários trabalhos de ficção científica da época, assim como o trabalho dos filósofos do hiperespaço, a teosofia, as pesquisas espiritualistas de J.C.F. Zollner e a literatura de H. G. Wells nos mostram como o termo quarta dimensão era usado independentemente da Teoria da Relatividade de Einstein.

Segundo Henderson (2013), o tema quarta dimensão foi popular entre muitos artistas de diferentes áreas da cultura humana. Na grande maioria das vezes a quarta dimensão foi apresentada como sendo espacial. Isso foi corrente até a popularização da Teoria da Relatividade de Einstein, em 1919, quando foi realizado o experimento da curvatura da luz de uma estrela ao passar próximo ao sol eclipsado[86].

Esta identificação com a quarta dimensão espacial não foi diferente nas artes plásticas, uma vez que as referências a quarta dimensão presentes na literatura cubista ou sobre a geometria não-euclidiana não tinham nada em comum com a Teoria da Relatividade Einsteiniana (HENDERSON, 2013).

[86] Este experimento foi o resultado de um amplo projeto da *Royal Astronomical Society of London*, com o propósito de realizar o teste experimental da Teoria da Relatividade Geral. Foram destacadas equipes de astrônomos para dois países do hemisfério sul do globo, onde o fenômeno seria mais bem observado. A equipe que se dirigiu para a ilha do Príncipe (em São Tomé e Príncipe, costa da África), foi chefiada pelo astrônomo Sir Arthur Eddington (1882-1944), acompanhado de Edwin Cottingham (1869-1940), a outra equipe seguiu para à cidade Brasileira de Sobral. Esta segunda equipe foi formada pelos astrônomos Andrew Crommelin (1865-1939) e Charles Davidson (1875-1970). O experimento foi realizado durante o eclipse solar de 29 de maio de 1919 (VIDEIRA, 2005).

9. O Espaço-Tempo de Einstein-Minkowski

A Teoria da Relatividade Restrita (TRR), sem dúvida, representa um marco divisório entre as concepções da física desenvolvida até o século XIX, que hoje chamamos de clássica, e a física advinda da nova compreensão sobre a natureza do espaço e do tempo. Entretanto, a elaboração da Teoria da Relatividade não ocorreu exatamente como nos é, costumeiramente, apresentada[87].

Segundo Martins (2015), quando Einstein publicou seu artigo, "Sobre a Eletrodinâmica dos Corpos em Movimento", em 1905, já existia uma teoria bastante desenvolvida, por Lorentz e Poincaré, para dar conta de vários problemas relacionados a este assunto. Muitos dos elementos incorporados pela TRR já eram discutidos. O princípio da relatividade; as transformações de Lorentz para espaço e tempo e suas deduções da cinemática relativística; as transformações das grandezas eletromagnéticas e boa parte da dinâmica relativística já estavam em andamento. A equação da variação da massa do elétron relativa à sua velocidade; a relação entre fluxo de energia e densidade de momentum e a relação entre massa e energia, também tinham sido alcançadas. Esta última relação, no entanto, tinha sua validade apenas para alguns casos específicos (MARTINS, 2015).

Tendo em vista estas colocações, trataremos de alguns aspectos que antecederam ou foram paralelos ao trabalho de Einstein. Esses aspectos, que apontaremos, contribuíram significativamente para a construção do que hoje chamamos de Teoria da Relatividade Restrita.

9.1 Alguns aspectos antecedentes e paralelos à Teoria da Relatividade Restrita

Foram os experimentos de difração e de interferência, empreendidos por Augustin Fresnel (1788 - 1827) e Thomas Young (1773 - 1829), no início do século XIX, que conduziram ao entendimento de que a luz seria, de fato, um fenômeno ondulatório.

[87] Como não é nosso propósito dissertar sobre o desenvolvimento da Teoria da Relatividade, apenas apresentaremos uma rápida explicação de alguns detalhes importantes para este trabalho. Para uma leitura mais aprofundada sobre o assunto, indicamos o livro de MARTINS, R., "A Origem Histórica da Relatividade Especial". São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.

Fresnel, em 1818, desenvolveu a teoria de que o éter seria uma substância em repouso no espaço. Seus estudos com corpos transparentes o conduziram a ideia de que, ao passar através do éter, tais corpos arrastariam uma parcela deste éter consigo. Esta conclusão foi corroborada pelo experimento de Fizeau (1819 - 1896), em 1851. Já por volta da década de 1830 a luz passou a ser aceita como uma onda no éter, mesmo antes do experimento de Fizeau. Esta interpretação conduzia a uma consequência bastante importante: a velocidade da luz não dependeria da velocidade da fonte; após ter sido emitida, a sua velocidade só dependeria das propriedades do meio onde se propaga, o éter. Este viria a se tornar o segundo postulado da Teoria da Relatividade (MARTINS, 2015).

Diversos experimentos foram realizados, durante o século XIX, na tentativa de medir o movimento da Terra em relação ao éter estacionário. Dentre eles, o que ganhou grande notoriedade foi o do interferômetro de Michelson e Morley. A primeira tentativa de realização deste experimento ocorreu em 1881, mas sem fornecer resultados conclusivos. Em 1887 o experimento foi realizado novamente, agora com maior precisão e refinamento do aparato, entretanto os resultados também foram inconclusivos. As conclusões de Michelson e Morley, na época, foram que a teoria de Fresnel se confirmara e que seria impossível medir o movimento da Terra relativo ao éter estacionário (MARTINS, 2015).

Outras tentativas de justificar este resultado foram desenvolvidas, no entanto, a proposta que conduziu a resultados importantes foi a da contração longitudinal do braço do interferômetro em movimento no éter, proposta por FitzGerald (1851-1901), em 1889, e Hendrik Lorentz (1853 - 1928), em 1892 (MARTINS, 2015).

Em 1895 Lorentz propôs sua primeira teoria do eletromagnetismo para sistemas em movimento, partindo das equações de Maxwell e supondo que estas mesmas equações deveriam ser válidas em relação a outros referenciais. Para dar conta disso, ele propôs um grupo de equações de transformação de coordenadas partindo das transformadas clássicas para x, y e z e adaptando às novas necessidades (MARTINS, 2015).

Em 1899, o matemático Henri Poincaré (1854 -1912) comentou, em um de seus trabalhos, que a hipótese de Lorentz de contração dos corpos era uma explicação *ad hoc*[88] e, por isso, deveria ser considerada como mera hipótese. Nesse mesmo trabalho, ele

[88] Explicação inventada apenas para satisfazer o resultado inesperado do experimento de Michelson e Morley, sendo por isso insatisfatória.

reformulou e denominou de “lei da relatividade” a proposição de que somente os movimentos relativos entre corpos materiais poderiam produzir efeitos físicos. Esta ideia já havia sido mencionada, anteriormente, por Joseph Larmor (1857-1942). Em 1902, Poincaré publicou o livro, “Ciência e Hipótese”, em que ele modificou sua lei para “princípio de relatividade”, como uma extrapolação dos resultados experimentais negativos obtidos durante o século XIX. Ele, então, aperfeiçoou vários pontos da teoria de Lorentz, ajudando a construir uma teoria mais clara e coerente, retificou alguns erros e batizou as “Transformações de Lorentz” com este nome, e na forma matemática pela qual as conhecemos hoje (MARTINS, 2015).

Em 1904, Lorentz publicou um extenso trabalho onde uma teoria “exata” do eletromagnetismo foi proposta, teoria que não fazia apenas uma aproximação, caso das teorias anteriores. Já, em 1905, Poincaré mostrou que as transformações de Lorentz implicavam em uma quebra de sincronização em referenciais diferentes, semelhante ao que se obteria fazendo a sincronização com sinais luminosos e assumindo que a velocidade da luz é a mesma para todos os referenciais (SCOTT, 2010). Além disso, ele mostrou que as transformações de Lorentz levavam a ideia de uma dilatação do tempo e discutiu o significado físico desse efeito. Por fim, em 1906, Poincaré publicou um trabalho corrigindo pequenos problemas da teoria de Lorentz e mostrando que suas transformações podiam ser aplicadas entre dois referenciais inerciais em movimento em relação ao éter, concluindo assim que não seria necessário fazer referência ao éter (MARTINS, 2015).

> Poincaré também introduziu, nesse trabalho, a ideia de que o tempo pode ser manipulado como uma quarta dimensão, e mostrou a existência de invariantes relativísticos, como o intervalo espaço-temporal que atualmente representamos como $ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2dt^2$. Costuma-se atribuir esse passo a Hermann Minkowski (1864 - 1909), mas o trabalho deste foi desenvolvido apenas dois anos depois. (MARTINS, 2015, p. 130)

Segundo Scott (2010), Poincaré reconhecia a possibilidade de construir uma física não-newtoniana, baseada na geometria hiperbólica resultante da inserção do tempo como uma dimensão adicional. Apesar disso, ele considerava empiricamente improvável que se pudesse determinar a real geometria do espaço, assim, continuou defendendo que a geometria euclidiana deveria permanecer a mais conveniente para a física.

Até o trabalho de 1906 de Poincaré, o artigo de Einstein, de 1905, ainda não tinha ganhado nenhuma notoriedade e toda a teoria havia sido desenvolvida sem sua participação. Só depois de 1910 que a teoria de Einstein começou a ganhar espaço e ser realmente discutida entre os físicos (GALISON, 1979).

Segundo Martins (2015), o que foi realmente inovador da teoria de Einstein foi a estruturação muito mais simples, comparada aos trabalhos de Lorentz e Poincaré. Da Teoria de Einstein se deduz os resultados básicos da cinemática relativística a partir de dois postulados apenas. O fato de Einstein ter abandonado os estudos de uma dinâmica do elétron, e ter se voltado para a cinemática dos corpos macroscópicos, envolvia uma crítica epistemológica dos conceitos de espaço e tempo. Nesse caminho, ele chegou às transformações de espaço e tempo de forma dedutiva, sem a necessidade de considerações hipotéticas sobre as transformações de espaço e tempo, como Lorentz tinha dotado (GALISON, 1979).

Outra contribuição de Einstein, segundo Martins (2015), foi também de caráter epistemológico. O abandono da ideia de éter luminífero e a alegação de que a física deveria considerar apenas aquilo que pode ser observado e medido foi bastante importante. A proposição da equação $E = m.c^2$, como uma relação de validade mais geral, também representa uma novidade do trabalho de Einstein. Esta relação de massa e energia e mesmo a variação da massa de elétrons em função de sua velocidade já haviam sido percebidas e teorizadas antes de Einstein, no entanto sua validade era apenas para alguns casos particulares (MARTINS, 2015).

É obvio que esta cronologia que apresentamos é muito resumida, mas serve para dar uma noção da complexidade existente por trás da elaboração de uma teoria como a da relatividade. As contribuições posteriores dadas a TRR, também vieram de outros matemáticos e físicos. Um destes matemáticos foi Hermann Minkowski (1864 - 1909), a quem vamos dar atenção a partir de agora.

9.2 O espaço-tempo de Hermann Minkowski

Contrariamente ao que se costuma pensar, o próprio Einstein não havia introduzido a interpretação de que o tempo poderia ser uma quarta dimensão, análoga as três dimensões do espaço. Quem introduziu a abordagem quadridimensional da Teoria da

Relatividade foi Poincaré, no trabalho de 1906, e quem a completou foi Hermann Minkowski entre os anos de 1907 e 1908 (MARTINS, 2015). Minkowski, nessa época, já havia tomado conhecimento dos trabalhos de Einstein, no entanto, considerava tal teoria como uma generalização dos trabalhos de Lorentz, devido ao fato de que quase toda a base da teoria já havia sido desenvolvida por ele (MILLER, 1998).

De acordo com Scott (2010), em 1907, não era grande o número de artigos publicados que discutiam a relatividade de Einstein. Foi quando Minkowski escreveu uma carta para Einstein, solicitando uma impressão sobre o seu artigo a respeito do assunto. Na carta, Minkowski mencionava que o objetivo era de preparar um seminário para a Universidade de Göttingen, juntamente com seu colega David Hilbert (1862-1943). Porém, menos de um mês depois, ele entregou um relatório a sociedade matemática de Göttingen onde ele descrevia seu próprio programa quadridimensional para a física, baseando-se, apenas em parte, na teoria de Einstein (SCOTT, 2010).

Ele arquitetou os diagramas espaço-tempo para a representação das linhas de universo, forneceu um novo formalismo para a cinemática e apresentou a forma de quadrivetores[89] para as grandezas momentum e energia, um formalismo matemático e teórico muito mais sofisticado que os apresentados por Einstein.

Diferentemente do ponto de vista de Poincaré, que não aceitou a natureza não-euclidiana do espaço, Minkowski, considerou que, em certo sentido, o mundo era uma variedade quadridimensional não-euclidiana e as leis da física só seriam completamente compreendidas nesse espaço-tempo de quatro dimensões (MILLER, 1998).

> Afinal, as novas tentativas, se de fato interpretarem os fenômenos corretamente, representariam quase o maior triunfo de todos os tempos que a aplicação da matemática trouxe até hoje. O que está sendo tratado aqui está expresso da forma mais resumida possível - apresentarei uma explicação mais explícita mais tarde - de que o mundo no espaço e no tempo, em certo sentido, é uma variedade quadridimensional não-euclidiana. (MINKOWSKI, 2012, p. 53) (Tradução nossa)[90]

---

[89] Foi em um artigo de revisão sobre o trabalho de Minkowski, de 1909, que Arnold Sommerfeld (1868-1951) cunhou o termo "Quadrivetor" (*Vierervektor*). (MILLER, 1998)

[90] *After all, the new attempts, if they in fact interpret the phenomena correctly, would present almost the greatest triumph ever that the application of mathematics has brought about as of today. What is being dealt with here is, expressed as foreshortened as possible - I will present a more explicit account*

Desta forma, segundo Miller (1998), Minkowski preparou uma estrutura que se fundamentou em Lorentz e Poincaré, juntamente com as contribuições de Einstein, para a imagem do mundo em uma estrutura quadridimensional do espaço-tempo. Nesse mundo, enfim, o éter de Lorentz foi desmaterializado e substituído por pontos do espaço-tempo relativístico. Nessa nova concepção de Minkowski, os únicos elementos absolutos são: a velocidade da luz e os intervalos espaço-temporais ($ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2\,dt^2$). A própria proposta da contração de Lorentz se mostrou como uma consequência do deslocamento espaço-temporal, segundo Minkowski. Na proposta original de Lorentz, da contração dos comprimentos de um dos braços do interferômetro, tal contração se devia a forças que surgiam sobre a estrutura física do braço que viajava longitudinalmente pelo éter. Minkowski argumenta sobre isso da seguinte forma:

> Esta hipótese soa extremamente fantasiosa, pois a contração não deve ser pensada como uma consequência das resistências no éter, mas simplesmente como um presente superior, como uma circunstância que acompanha o fato do movimento. (MINKOWSKI, 2012, p. 42) (Tradução nossa)[91]

Segundo Galison (1979) e Miller (1998), Minkowski se interessou pelo tema a partir de 1904 e, juntamente com David Hilbert (1862 - 1943), conduziu uma série de seminários em que foram estudados e analisados os trabalhos de Hertz (1857 - 1894), FitzGerald (1851 - 1901), Larmor (1857 - 1942), Poincaré e outros. Foi durante esses seminários que Minkowski começou a desenvolver suas novas ideias sobre relatividade e sobre espaço-tempo.

Ele havia ficado bastante impressionado com a descoberta de Poincaré do grupo de propriedades das transformações de Lorentz, principalmente com a quantidade ($ds^2 = dx^2 + dy^2 + dz^2 - c^2dt^2$), que representa um invariante de Lorentz. Dando continuidade às pesquisas de Poincaré, ele agregou a relatividade do tempo de Einstein aos invariantes em um espaço vetorial quadridimensional e, então, interpretou de forma geométrica as transformações de Lorentz (MILLER, 1998).

---

later - that the world in space and time in a certain sense is a four dimensional, non-Euclidean manifold. (MINKOWSKI, 2012, p. 53)

[91] *This hypothesis sounds extremely fantastical. Because the contraction is not to be thought of as a consequence of resistances in the ether, but merely as a gift from above, as an accompanying circumstance of the fact of motion.* (MINKOWSKI, 2012, p. 42)

> Ele sustentou que, devido a uma "harmonia pré-estabelecida entre matemática e natureza", a geometria poderia ser usada como uma chave para o insight físico. Assim, ele foi capaz de justificar a relatividade como a teoria física com uma estrutura geométrica mais satisfatória. Mas essa estrutura matemática passou a significar mais para Minkowski do que simplesmente uma reformulação da relatividade. Minkowski acabou atribuindo realidade física à geometria do espaço-tempo. (GALISON, 1979, p. 89) (Tradução nossa)[92]

As suas ideias sobre espaço-tempo, sobre a realidade quadridimensional, o famoso diagrama espaço-tempo, Figura 9.1, e sua derivação para Transformações de Lorentz foram apresentadas em duas palestras. Estas palestras se intitularam: "*Raum und Zeit*" (Espaço e Tempo), de 1908 e publicada em 1909 na *Physikalische Zeitschrift*, e "*Das Relativitätsprinzip*" (O Princípio da Relatividade), de 1907 e publicado por Arnold Sommerfeld (1868-1951), em 1915, na *Annalen der Physik*, seis anos após a morte prematura de Minkowski (GALISON, 1979).

Nos parágrafos iniciais da versão publicada de sua palestra "Espaço e tempo", há uma citação de conteúdo impactante, feita por Minkowski.

> Cavalheiros! Os pontos de vista do espaço e do tempo que quero apresentar a você surgem do domínio da física experimental, e aí reside a força deles. A tendência deles é radical. A partir de agora, o espaço por si só e o tempo por si só retrocederão completamente, tornando-se meras sombras, e apenas um tipo de união dos dois ainda permanecerá independente por si próprio. (MINKOWSKI, 2012, p. 37) (Tradução nossa.)[93]

O novo conceito de espaço-tempo de Minkowski apresenta uma existência independente do observador. Diferentemente da Teoria da Relatividade de Einstein, em que espaço e tempo são dependentes do movimento, o espaço quadridimensional de

---

[92] He held that because of a "pre-established harmony between mathematics and nature" geometry could be *used as a key to physical insight. Thus, he was able to justify relativity as the physical theory with the more satisfying geometrical structure. But this mathematical structure came to mean more to Minkowski than simply a reformulation of relativity. Minkowski eventually ascribed physical reality to the geometry of space-time.* (GALISON, 1979, p. 89)

[93] *Gentlemen! The views of space and time which I want to present to you arose from the domain of experimental physics, and therein lies their strength. Their tendency is radical. From now onwards space by itself and time by itself will recede completely to become mere shadows and only a type of union of the two will still stand independently on its own.* (MINKOWSKI, 2012, p. 37)

Minkowski tem existência livre e absoluta, que ele chamou de “O Mundo Absoluto” (GALISON, 1979).

Para Minkowski, Einstein havia mostrado que o postulado da relatividade e a hipótese de contração de Lorentz não eram suposições artificiais, mas resultavam de um novo conceito de tempo e de espaço, que os resultados obtidos com os experimentos ópticos impuseram (MILLER, 1998).

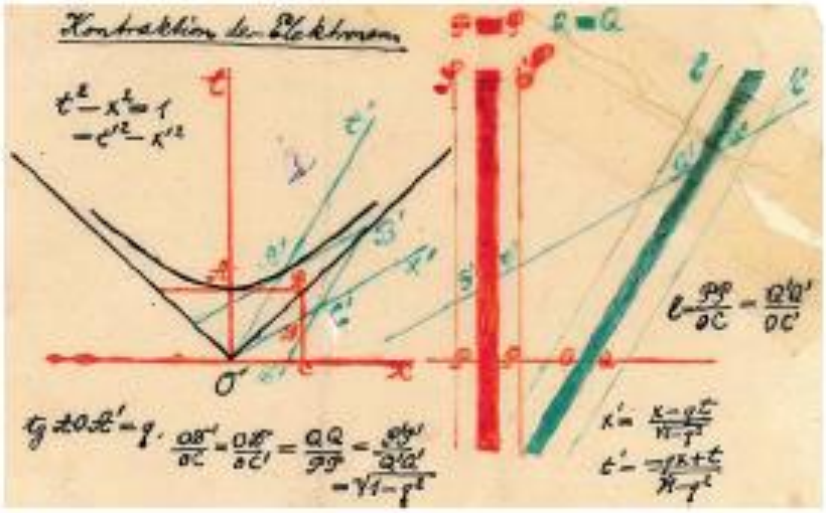


Figura 9.1 - Fotocópia do slide usado na palestra de 1908.

Fonte: (MINKOWSKI, 2012, p. 32)

Minkowski considerava como aspectos fundamentais para a física da relatividade: a simetria, a generalidade e a invariância. Ele desejava destacar a simetria que emerge das equações da teoria do elétron, de Lorentz, e que não foi explicitamente apresentada por Lorentz, Poincaré ou Einstein (GALISON, 1979).

Ele fundamentou a simetria de seu trabalho no formalismo $(\boldsymbol{x}, \boldsymbol{y}, \boldsymbol{z}, \boldsymbol{ict})$ de Poincaré e baseou-se na interpretação dos invariantes de Lorentz como distâncias. Além disso, ele concluiu que as transformações de Lorentz poderiam ser representadas como rotações no espaço de quatro dimensões e considerou que as leis físicas compostas por esses vetores quadridimensionais seriam covariantes (GALISON, 1979).

> O sucesso de Minkowski em traduzir as leis da física para o espaço-tempo o levou a acreditar que a nova formulação da física exigia também uma revisão de nossas visões metafísicas. Minkowski dotou o espaço-tempo abstrato da realidade previamente concedida no espaço tridimensional e chamou o

> resultado de “A Teoria do Mundo Absoluto”. (GALISON, 1979, p. 112) (Tradução nossa)[94]

Segundo Galison (1979), seu ponto de vista metafísico da teoria do espaço-tempo, a “Teoria do Mundo Absoluto”, envolve dois conceitos físicos muito importantes, a covariância e a invariância. Minkowski usa a palavra “*Invarianz*” para se referir tanto à covariância quanto à invariância, o que pode gerar alguma confusão. Utilizaremos aqui a terminologia moderna, a mesma usada por Galison (1979), evitando assim ambiguidades. Invariância está relacionada a propriedade de grandezas escalares que se mantém as mesmas em diferentes sistemas, como ocorre com a velocidade da luz ou a quantidade $c^2t'^2 - x'^2 = c^2t^2 - x^2$, por exemplo. Já a covariância está relacionada manutenção da forma das equações ao serem transformadas de um referencial para outro. Ou seja, a forma de uma equação covariante permanece a mesma para quaisquer sistemas inerciais de referência.

9.3 Resumindo sobre o espaço-tempo de Einstein-Minkowski

Segundo Martins (2015), a teoria que predominou durante a primeira década do século XX foi a elaborada por Lorentz e Poincaré e não a teoria de Einstein, ao contrário do que se costuma perceber nos materiais de divulgação e livros didáticos. Segundo o próprio Martins (2015), é praticamente impossível distinguir os resultados da interpretação de Lorentz-Poincaré da interpretação de Einstein, por qualquer experimento que seja realizado. A principal diferença entre suas teorias é de caráter epistemológico. No entanto, vale ressaltar que grande parte das previsões feitas pela TRR já tinham sido apresentadas em artigos anteriores ao ano de 1905 (MARTINS, 2015).

Quanto ao conceito de quarta dimensão temporal, apesar do sucesso da teoria de Einstein-Minkowski, nos meios não científicos ainda prevalecia a concepção espacial. Como já foi mencionado, a popularização deste conceito só aconteceria amplamente após 1919. Foi quando a concepção espacial, extra-sensorial, da quarta dimensão começou a

---

[94] *Minkowski's success in translating the laws of physics into space-time led him to believe that the new formulation of physics de manded a revision of our metaphysical views as well. Minkowski endowed abstract space-time with the reality previously accorded three-dimensional space and called the result “The Theory of the Absolute World”.* (GALISON, 1979, p. 112)

diminuir de importância. Entretanto, conforme Henderson (2013), as representações espaciais da quarta dimensão nunca desapareceram por completo dos meios artísticos.

Após o trabalho de Minkowski de 1907, o próprio Minkowski (1908), Sommerfeld (1910) e Abrahan (1910) desenvolveram, separadamente, o formalismo tensorial para o eletromagnetismo. Baseado nesse formalismo tensorial, Max von Laue (1879 - 1960) desenvolveu a dinâmica relativística dos meios contínuos, em 1911. A partir de 1912, o próprio Einstein se apoiou no trabalho de Minkowski para buscar uma generalização da Teoria da Relatividade Restrita. No entanto, só em 1916 ele conseguiu concluir seu trabalho, denominando de Teoria da Relatividade Geral (MILLER, 1998). O formalismo tensorial para sistemas físicos contínuos, de von Laue, possibilitou que Einstein estabelecesse uma importante relação entre as propriedades do espaço-tempo e o tensor de momentum-energia-tensão, do próprio Laue.

Juntamente com estes avanços científicos, a segunda metade do século XIX e início do Século XX vivenciou desenvolvimentos intelectuais e tecnológicos impressionantes. Como veremos no capítulo seguinte, todo este misto de conhecimentos científicos, filosóficos, tecnológicos, sociais, literários etc constituíram a amalgama cultural do ocidente, neste período, e impactaram fortemente as sociedades até os dias atuais.

10. A Quarta Dimensão e as artes Plásticas

Ao final do Século XIX, a Europa estava embevecida com sua economia industrial em franco desenvolvimento, os avanços tecnocientíficos sem precedentes, suas efervescentes discussões político-econômicas, filosóficas e artístico-culturais. Paris se destacava como grande centro cultural do mundo e a Inglaterra, primeiro país europeu a se industrializar, continuava a representar um grande centro econômico, se beneficiando da grande geração de capital proporcionada por suas indústrias e suas colônias, período conhecido como Era Vitoriana. Na sequência da Inglaterra, a Alemanha a França e a Bélgica também alcançaram o status de economias industriais. Em um ambiente como este era inevitável que as sociedades europeias vivessem a sensação de estarem no apogeu de sua civilização. Na França, este período ficou conhecido como Belle Époque (JANSON, 2010).

Esta foi a era da ciência do eletromagnetismo, por vezes chamada de "Segunda Revolução Industrial", cuja força motriz da indústria e de equipamentos diversos passou a ser de origem eletromagnética. Advindos deste conhecimento científico e de outros, diversos avanços tecnológicos significativos ajudaram a moldar o mundo moderno. Com o desenvolvimento tecnológico da produção e distribuição de energia elétrica, do telefone, do motor de combustão interna, do automóvel, dos aviões, da fotografia, do cinema, além das diversas máquinas que aumentavam o conforto humano e a eficiência dos serviços, as cidades se tornaram o paradigma de modernidade (HOBSBAWM, 2014A). Com o aumento da alfabetização e o grande número de novos jornais e meios de comunicação, os habitantes das cidades assumiram posturas mais acessíveis às novas ideias, ideologias e transformações do modo de viver. Todos estes elementos contribuíram para novas visões de mundo e de sociedade, assim, estas mesmas cidades também se tornaram centros de reformas sociais impulsionadas por ideias anarquistas, socialistas e marxistas (JANSON, 2010).

Outro fato que impactou fortemente as mentalidades dessa época foi a teoria da evolução de Charles Darwin, com suas novas concepções sobre a origem e o desenvolvimento dos seres vivos. Seus livros, "A Origem das Espécies", de 1859, e "A origem do Homem", de 1871, causaram espanto, admiração e até ojeriza nas sociedades europeias e americana. Apesar da importância deste trabalho, algumas deformações da

teoria da evolução levaram a ideias de superioridade de algumas nações sobre outras e alguns indivíduos em relação a outros "menos evoluídos", ou menos preparados para a seleção natural, o que ficou conhecido como "darwinismo social"[95] (HOBSBAWM, 2014B).

A ascensão da psicologia, com a "Teorias sobre o inconsciente", de 1900, e "A Interpretação dos Sonhos", do neurologista Sigmund Freud, e os trabalhos do psicólogo russo Ivan Pavlov (1849-1936), também provocaram grandes mudanças no entendimento do ser humano (HOBSBAWM, 2014B).

No entanto, todas estas inovações ocorrendo em uma velocidade nunca antes vivida, também levaram uma parcela da sociedade europeia ao desencanto com a industrialização e o progresso desenfreado. As enormes transformações econômico-sociais conduziram a uma sensação de decadência humana e materialismo extremado. Com isso, partindo do final do século XIX e se estendendo pelas duas primeiras décadas do século XX, ocorreu uma crescente difusão de ideias ocultistas e espiritualistas pela Europa. Cada vez mais as pessoas eram atraídas pelas religiões ortodoxas ocidentais ou pelas práticas da Teosofia, do Rosacrucianismo, além das ideias animistas e do espiritismo (HENDERSON, 1988; HENDERSON, 2013).

Além desses elementos discutidos, a conjugação do capitalismo com os diferentes nacionalismos gerou uma série de tensões entre as nações. Um dos efeitos colaterais das disputas comerciais e de território foi a eclosão da Primeira Guerra Mundial (1914 - 1918) (JANSON, 2010). Em meio a Primeira Grande Guerra, outro conflito muito significativo para os rumos do mundo moderno foi a Revolução Russa, de 1917, que foi inspirada na doutrina marxista e deu origem a União das Repúblicas Socialistas Soviéticas.

É nesse ambiente extremamente complexo que se desenvolveram ideias igualmente complexas e inovadoras no campo da física e na arte. Com o início do século XX, surgiram a Teoria da Relatividade de Einstein e a Física Quântica, ideias que vieram romper com concepções clássicas fortemente arraigadas na ciência e na concepção de

[95] Nome dado às teorias sociais que surgiram no Reino Unido, América do Norte e Europa Ocidental durante a década de 1870 e que se tentaram aplicar as teorias do darwinismo nas sociedades. Nessas teorias, os conceitos de luta pela existência e sobrevivência dos mais adaptados foram utilizadas para justificar ações pessoais, políticas e econômicas para favorecer indivíduos, nações e elites sociais. Esse conceito desencadeou e justificou ideias de eugenia (purificação de "raças" humanas), racismos, fascismo, lutas entre etnias e o domínio de determinadas nações sobre outras, imperialismo.

mundo em geral (REIS; GUERRA; BRAGA, 2006; GUERRA; BRAGA; REIS, 2009). Nas artes sugiram as Vanguardas Europeias, que trouxeram novas formas de ler o mundo, de contestá-lo e de intervir no seu progresso. Talvez, a sensação predominante tenha sido de que nada do que "era" continuava a ser, ou seja, nada do que se conhecia até então era capaz de expressar satisfatoriamente os novos conhecimentos e o novo mundo que se apresentava (JANSON, 2010).

Somando-se a todos estes acontecimentos mencionados, existiam ainda questões da ciência e da Filosofia que impactaram fortemente o trabalho de cientistas e de artistas dessa virada de século. Com o desenvolvimento das geometrias não-euclidianas, em meados do século XIX, uma série de ideias foram postas em questão. A concepção ocidental de espaço, tanto na ciência, nas artes e no próprio senso comum, se estruturara nas bases da geometria de Euclides. Tal geometria era a única possível e, além disso, representava a "realidade". No entanto, com a concepção de que existem outras geometrias possíveis, a noção de espaço foi posta em xeque. Com a erosão das bases sólidas da concepção de espaço, a própria mecânica newtoniana foi questionada quanto a possibilidade de outras mecânicas, para outros espaços (SILVA, 2006). A fragmentação da matéria palpável também foi uma questão muito impactante, nem a ordem mimética clássica, nem a angústia e a subjetividade da tradição romântica eram suficientes para expressar este novo mundo (HENDERSON, 2013).

Juntamente com o desenvolvimento das geometrias n-dimensionais, paralelamente às geometrias não-euclidianas, o conceito de dimensões superiores ganhou força. Este conceito está presente na física do início do século XX, assim como nos movimentos de vanguarda artística na Europa e, antes disso, na literatura de ficção científica do final do século XIX (BLACKLOCK, 2018). O conceito de quarta dimensão também foi incorporado por movimentos exotéricos e ocultistas e na chamada Filosofia do Hiperespaço. No entanto, esta quarta dimensão era de ordem espacial e não temporal, ao contrário do que viria a ser mais fortemente estabelecido com Einstein-Minkowski.

Segundo Henderson (2013), as geometrias não-euclidianas e o conceito de quarta dimensão se colocaram para os artistas da época como um estandarte de libertação das noções rígidas da espacialidade euclidiana e do mimetismo clássico. A existência de realidades não-sensíveis ao ser humano representou uma validação pela busca do não-visível, do imaterial e do onírico.

Tendo apresentado, até aqui, alguns aspectos gerais da cultura do final do século XIX e início do século XX, objetivamos com este capítulo discutir como o conceito de quarta dimensão e as geometrias não-euclidianas foram abordadas nas artes plásticas do início do século XX.

Devido à profundidade do tema e sua complexidade, no contexto do início do século XX, iremos nos prender aos movimentos artísticos do Cubismo e do Surrealismo, no entanto há relatos da influência dos conceitos da quarta dimensão e das geometrias não-euclidianas em vários outros artistas e movimentos vanguardistas.

10.1 As Vanguardas europeias

Assim como todas as reverberações dos movimentos político-sociais e ideológicos do século anterior, os progressos científico-tecnológicos trouxeram contribuições que impactaram a sociedade. Nesse último caso impactaram muito além do campo da própria ciência.

Os cientistas, ao procurarem entender as razões dos sucessos e fracassos advindos da descrição da estrutura da matéria, o conceito de átomo, acabaram por conduzir a ciência para caminhos impensáveis. Eles reconheceram a incapacidade dos modelos clássicos em explicar a natureza frente a uma vasta quantidade de novos fenômenos observados. Com os trabalhos de Max Planck (1858 - 1947), Albert Einstein (1879 - 1955), Niels Bohr (1885 - 1962) e outros, a visão de que a energia apresenta característica quantizada em nível atômico, ou seja, sua emissão e absorção ocorre em múltiplos constantes e não continuamente foi evidenciada. Com Bohr, a própria estrutura da matéria apresentou o átomo com seus elétrons em orbitais quantizados.

Outro aspecto da Física do século XX que impactou fortemente as mentes de cientistas e do público leigo foi a elaboração da Teoria da Relatividade Restrita (1905) e da Relatividade Geral (1916) que, em alguma medida, promoveu um novo olhar para conceitos de base da Física Clássica. Nesses trabalhos, tempo e espaço deixaram de ser conceitos absolutos e independentes, matéria e energia passaram a ser entendidas como diferentes “faces de uma mesma moeda”. Uma consequência impactante deste trabalho é a própria noção de espaço, que foi radicalmente alterada. A concepção renascentista do espaço como um “palco” homogêneo e independente dos objetos ou fenômenos nele

inseridos (apêndice D, seção D.1) não correspondia mais a realidade. O movimento, agora, poderia influenciar no transcorrer do tempo, a presença de matéria poderia deformar o espaço onde esta matéria se encontra e o próprio fluir do tempo poderia ser alterado nas proximidades de corpos muito massivos, como estrelas por exemplo.

As noções sobre a constituição e ordem do mundo foram abaladas de várias frentes diferentes durante esta virada de século. Da mesma forma que na Física, concepções inovadoras surgiram no entendimento do próprio ser humano. O fundador da psicanálise Sigmund Freud (1856-1939), concebeu um modelo de consciência humana, fragmentada e em conflito. O olhar sobre a mente humana e as noções de consciente e inconsciente também impactaram fortemente o mundo moderno (HOBSBAWM, 2011C).

Curiosamente, ou inevitavelmente, os artistas deste período também seguiram caminhos totalmente novos em suas pesquisas, testando e atritando as abordagens tradicionais com as novas. Mesmo antes dos pós-impressionistas (Apêndice D, seção D.7), os artistas já buscavam inovações em técnicas, motivos e abordagens, no entanto, as pesquisas destes últimos conduziram a algo mais profundo. Eles também acabaram buscando um reencontro com algo que a arte havia perdido, algo subjetivo, intrínseco ao próprio fazer artístico. Nesse sentido, os pós-impressionistas encontraram inovações que impulsionaram a arte para o que hoje chamamos de arte moderna (JANSON, 2010).

Segundo Janson (2010), uma importante característica da cultura ocidental do início do século XX foi a complexa costura entre os valores conservadores da tradição ocidental e os novos impulsos da modernidade. Se recordarmos Cézanne (1839 - 1906), mesmo ele adotando várias facetas dos impressionistas, sua arte direcionava para o sentido de ordem e equilíbrio que esses primeiros haviam perdido. Van Gogh (1853 - 1890) acreditava que as meras impressões visuais e qualidades ópticas da luz e da cor, também dos impressionistas, poderia desembocar na perda da intensidade e da paixão pela qual o artista pode expressar seus sentimentos. Já a insatisfação de Gauguin (1848 - 1903) com a vida e a arte, tal como se encontravam em sua época, o conduziu a busca pela simplicidade e ao primitivismo (GOMBRICH, 1999).

Na ciência desse século, também podemos perceber um certo conflito entre a manutenção das ideias clássicas e a aceitação das novas ideias que surgiam. O campo da Física é um bom exemplo de tentativas de convergência entre as ideias clássicas e modernas e, por outro lado, de ousadas inovações conceituais. Podemos perceber estes

conflitos nas tentativas de justificação dos resultados inconsistentes do experimento de Michelson–Morley[96], nos argumentos clássicos para explicar a radiação de corpo negro, nos conflitos pessoais de Planck ao se deparar com os caminhos que sua teoria do corpo negro tomara. Por outro lado, temos a física inesperada advinda da Teoria da Relatividade e da Física Quântica, que nascera dos próprios trabalhos de Planck.

Segundo Gombrich (1999) e Janson (2010), o que chamamos de arte moderna brotou desses sentimentos de instabilidade e insatisfação. Este estado de espírito dos artistas se associou e se contextualizou com as novas noções de mundo e de ser humano que se descortinavam. Três dos movimentos das chamadas vanguardas europeias, que se desenvolveram no início do século XX, são herdeiras das várias soluções encontradas para dar conta desta insatisfação. Apenas como exemplo, as soluções encontradas por Cézanne vieram a influenciar o Cubismo, na França, conforme veremos; as de Van Gogh deram suporte ao surgimento do Expressionismo, na Alemanha; as soluções de Gauguin culminaram nas várias formas de primitivismo moderno (JANSON, 2010).

É óbvio que se pode encontrar elementos destes três artistas em várias obras de vários movimentos vanguardistas. Ou seja, dizer que um movimento artístico foi influenciado por um único artista anterior em especial é sempre um risco reducionista, que nem de longe corresponde a complexa atividade do fazer artístico.

10.1.1 Cubismo

Após a morte de Cézanne, em 1906, foi organizada uma vasta exposição retrospectiva em Paris. As obras expostas nesse evento impressionaram fortemente o jovem pintor espanhol Pablo Picasso (1881 - 1973). É possível que nenhum artista tenha sido tão impactado com os trabalhos de Cézanne quanto Picasso. Tal influência foi abertamente expressa pelo próprio Picasso (HENDERSON, 2013).

Picasso ampliou enormemente as fronteiras da abstração iniciadas por Cézanne. O cubismo acabou por representar as formas da natureza como se fossem cones, esferas

[96] Albert Michelson (1852 - 1931), físico norte-americano que ganhou notoriedade acadêmica em sua época devido a precisão com que realizou medições da velocidade da luz. Edward Morley (1838-1923), físico estadunidense que colaborou na realização da experiência de detecção do movimento da Terra em meio ao éter luminífero, hoje conhecida como experiência do interferômetro de Michelson-Morley.

e cilindros, legados de Cézanne (Apêndice D, Ilustração D.14 e Ilustração D.15), além de incorporar a liberdade que fluía da arte africana. Picasso e os demais artistas cubistas expressaram seu total descompromisso com a aparência real dos objetos e propuseram a representação dos objetos com todas as suas partes num mesmo plano, como se estivessem abertos mostrando todos os seus lados no plano frontal da tela (Figura 10.5, página 188). Eles buscaram representar os objetos tridimensionais numa superfície plana, entretanto, apenas sugeriam a estrutura dos corpos e a profundidade, sem representá-las de fato. A representação da ideia de movimento também foi explorada por eles ao representarem os objetos vistos de todos os ângulos visuais, por cima e por baixo, percebendo todos os planos e volumes na mesma tela (JANSON, 2010). No cubismo, as principais características são: a geometrização das formas e volumes; a renúncia à perspectiva linear; a total perda de função do claro-escuro; uso predominante das cores austeras como o branco, o negro, o cinza, o ocre.

O cubismo é dividido por alguns especialistas em duas fases: o Cubismo Analítico, onde a principal característica é a fragmentação da obra em todos os seus elementos. Todos os lados de um objeto são representados em planos sucessivos e superpostos, examinando-o em todos os ângulos simultaneamente. O ápice desta fase foi a máxima fragmentação de figuras, quase impossíveis de serem reconhecidas; já o Cubismo Sintético é identificado como uma reação à excessiva fragmentação dos objetos e à destruição de suas estruturas. Nessa fase, eles buscaram tornar as figuras novamente reconhecíveis. A principal característica passou a ser o uso das técnicas de colagem e a introdução de letras, palavras, números, pedaços de madeira, vidro, metal e até mesmo objetos inteiros nas pinturas (Figura 10.9, página 191). A intenção era de criar efeitos plásticos que ultrapassassem os limites das sensações visuais e passassem a propor sensações táteis (JANSON, 2010).

Há ainda uma outra forma de dividir o cubismo, em três fases: a primeira fase foi a cezanniana ou pré-analítica (1907-1909), onde a influência deste mestre foi mais fortemente sentida; a segunda fase foi a analítica de fato, ou hermética (1909-1912); a terceira fase a sintética (1912-1914). No entanto, como estes detalhamentos fugiriam do escopo de nossa proposta, não pretendemos nos aprofundar neles e adotaremos a divisão mais simples já mencionada.

Nosso objetivo aqui é de procurar evidenciar a presença da ideia de quarta dimensão como elemento presente nas obras, conforme defendido por Henderson (2013). Assim, iremos nos voltar para o contexto em que o cubismo se desenvolveu para podermos evidenciar a possível presença de tal conceito nos trabalhos cubistas.

10.1.2 A quarta dimensão e o Cubismo

Ao final do século XIX e início do século XX, a quarta dimensão se tornou uma entidade com implicações filosóficas que transcenderam seu significado geométrico. No início do século XX a quarta dimensão ainda mantinha um ar de mistério, não sendo do entendimento comum para os parisienses[97]. Segundo Henderson (2013), os livros de Hinton não tinham sido traduzidos para o francês, entretanto vários artigos e livros sobre a quarta dimensão tinham sido publicados em Paris durante os primeiros anos do século XX. Nesses trabalhos, as ideias de Hinton foram divulgadas e comentadas, na maioria das vezes vinculadas à Teosofia.

Sob uma visão mais acadêmica, fugindo das especulações místicas, os trabalhos do matemático Henri Poincaré tiveram grande importância e influência na divulgação da quarta dimensão e das novas geometrias em Paris, durante este período. Seus textos apresentaram, em linguagem de divulgação, o pensamento acadêmico da época a respeito da quarta dimensão e das geometrias não euclidianas e, juntamente com outros autores, disseminaram as discussões a este respeito para diversos setores da cultura, na Paris do início do século XX (HENDERSON, 2013).

As obras de ficção científica de HG Wells, também foram muito importantes para a divulgação da quarta dimensão. Quando “A Máquina do Tempo” de Wells foi traduzido para o francês, em 1899, a própria ideia da máquina do tempo despertou o maior interesse e emoção nos leitores. Quase todos os seus contos envolvendo a quarta dimensão foram publicados em Paris. Seus trabalhos influenciaram alguns escritores franceses, com destaque ao seu maior admirador, Gaston de Pawlowski, que escreveu “Viagem ao País

[97] Estamos nos remetendo especificamente ao que ocorria em Paris, no início do século XX, devido ao fato de termos como objetivo a discussão da arte cubista que se desenvolveu em Paris, durante o período em questão.

da Quarta Dimensão", "*Voyage au pays de la quatrième dimension"*, no final de 1912 (HENDERSON, 2013).

Tanto Pawlowski, como Wells, consideraram a noção da quarta dimensão um meio pelo qual se poderia veicular suas críticas a sociedade. No entanto, a abordagem de Pawlowski para a quarta dimensão foi claramente espacial, ele não trata o tempo como a quarta dimensão. Ao que parece, a versão que entende a quarta dimensão como extrassensorial do espaço foi a que mais fascinou o público em geral. O trabalho de Pawlowski é, portanto, uma mistura única da ficção científica de Wells[98] com os comentários sociais e filosóficos do hiperespaço de Hinton (HENDERSON, 2013).

Desta forma, mesmo sem se aprofundarem em fontes acadêmicas, os artistas parisienses puderam facilmente ter contato com a ideia de quarta dimensão e até da geometria não-euclidiana, durante os anos de 1900 a 1912. A filosofia do hiperespaço de Hinton foi amplamente descrita nas publicações de cunho místico e teosófico, a ficção científica apresentou a quarta dimensão ao público mais geral e, para finalizar, a popularização das discussões acadêmicas sobre geometrias não-euclidianas e sobre a quarta dimensão também foram amplamente divulgados nos escritos de Poincaré (HENDERSON, 2013).

De forma geral, as geometrias n-dimensionais e a quarta dimensão foram apresentadas muito mais de forma verbal que visual. Em detrimento ao trabalho de Hinton, que buscou criar imagens que tentassem representar a quadridimensionalidade, os escritores posteriores se apropriaram muito da sua filosofia e praticamente ignoraram seu difícil sistema visual de tesserato. A maior parte das tentativas de ilustração forneceram imagens simplistas do "hipercubo" quadridimensional, geralmente como variantes da Figura 10.1, representada por Manning (1914).

Podemos notar que estas duas figuras representadas por Manning (1914), já haviam aparecido em "A Primer of Higher Space (The Fourth Dimension)" de Claude Bragdon, 1913, Figura 7.7.

Já entre os trabalhos mais acadêmicos da época destacamos as ilustrações de Stringham (1880) com seus hipersólidos quadridimensionais, Figura 10.2, que foram

[98] Vale lembrar que Wells trata a quarta dimensão como sendo o tempo em seu "A Máquina do Tempo", entretanto, em seus demais trabalhos ele utiliza o conceito de quarta dimensão espacial. Ou seja, o conceito de o que é a quarta dimensão não era algo fechado e definitivo para o próprio Wells.

muito mais bem-sucedidos e citados em várias discussões francesas do início do século XX (HENDERSON, 2013).

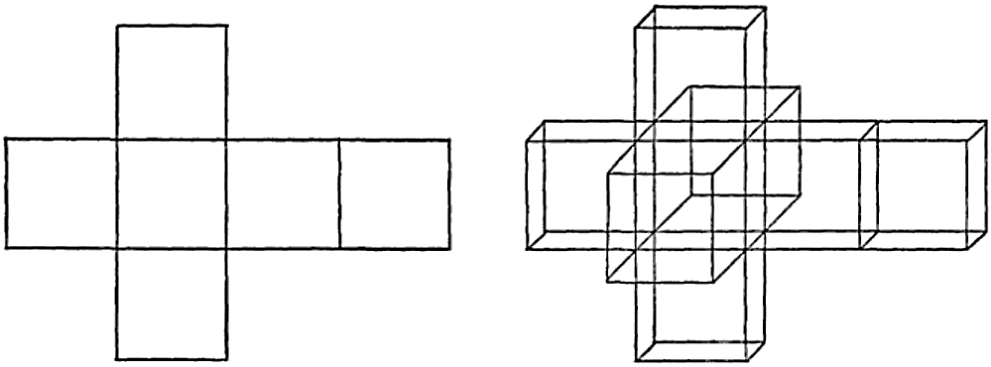


Figura 10.1 - Imagem simplista do “hipercubo” quadridimensional.

Fonte: (MANNING, 1914, p. 240).

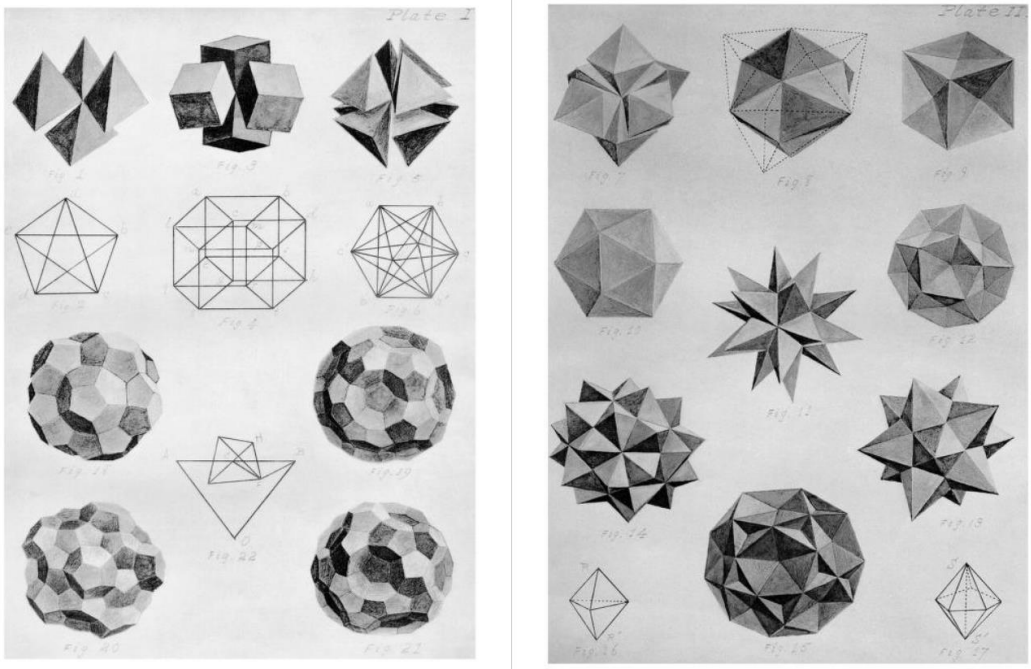


Figura 10.2 - Figuras Regulares em n-dimensons.

Fonte: (STRINGHAM, 1880, p. Apêndices).

Outro trabalho bastante importante no período foi o de Jouffret (1903), Figura 10.3 (a), que ilustra o procedimento de construção de dezesseis octaedros fundamentais de um icosatetrahedroide (composto por vinte e quatro octaedros). Ele utilizou um tipo de geometria descritiva na qual figuras quadridimensionais são projetadas em uma página

bidimensional, sendo viradas continuamente para incluir aspectos adicionais de sua terceira e quarta dimensão. Na Figura 10.3 (b), imagem da direita, foi utilizada uma "visão transparente" isometricamente projetada, conhecida como *geometria cavalieri*, que transmite uma sensação muito mais completa da presença dos dezesseis octaedros mostrados no canto superior direito da Figura 10.3 (a).

Parece-nos bastante apropriado observarmos que há alguma proximidade das primeiras pinturas cubistas analíticas de Braque e Picasso com as representações de Jouffret (1903). Podemos perceber certa semelhança nos cortes triangulares e suas variedades de planos e ângulos, vistos de diferentes pontos de vista, tanto na obra de Picasso, "Retrato de Ambroise Vollard", de 1910 (Figura 10.4), quanto nas projeções em perspectiva cavaliere de Jouffret da Figura 10.3 (b) (HENDERSON, 2013).

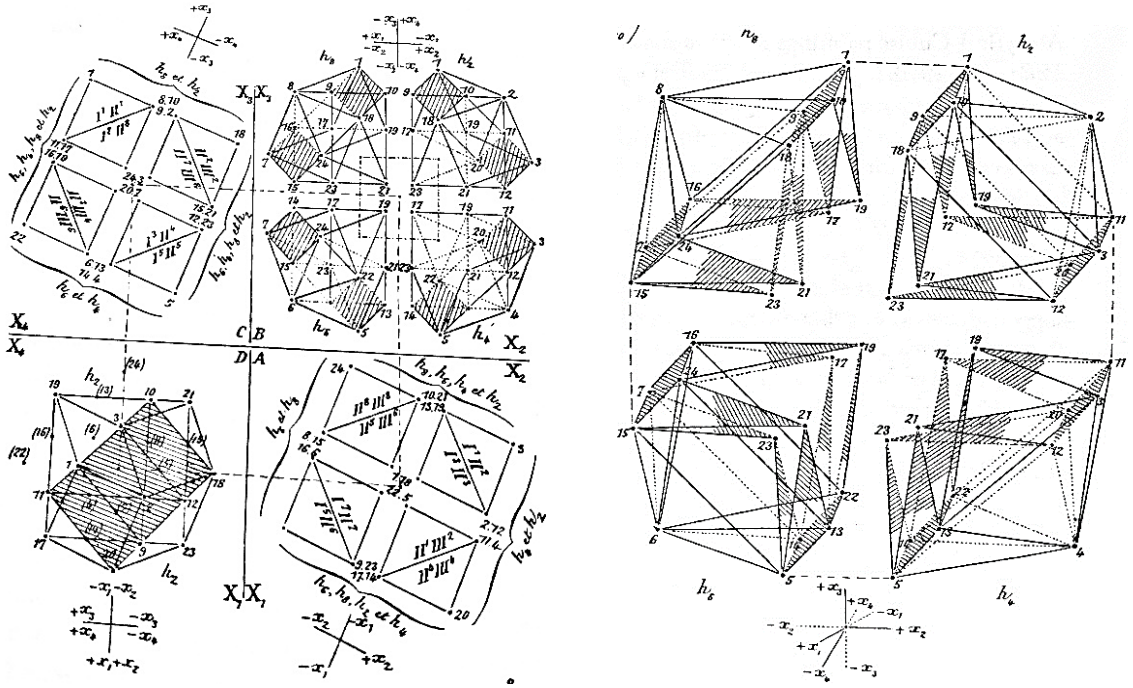


Figura 10.3 - (a) Octaedros fundamentais; (b) Projeção *cavalieri*.

Fonte: (JOUFFRET, 1903, p. 152).

Os dois trabalhos exibem um novo tipo de espaço que não depende da perspectiva linear tradicional. Obviamente, não há elementos historiográficos que permitam afirmar qualquer relação causal entre a geometria n-dimensional e a arte de Picasso e Braque, no entanto é possível perceber que há muitas semelhanças entre elas. É incontestável que a

arte de Picasso foi o produto de seu próprio gênio artístico na busca de alternativas à tradição figurativa clássica e ao espaço da perspectiva renascentista (HENDERSON, 2013). Mas também não se pode negar que sua arte é resultado de seu tempo. Assim como viemos argumentando que a ciência é o produto de determinado contexto histórico, social e científico, a arte não foge a esta ideia.



Figura 10.4 - *Portrait of Ambroise Vollard* (1910). Pablo Picasso.
Fonte: (PICASSO, 1910)

As principais fontes do cubismo vieram da própria arte, como as esculturas africanas e a pintura de Cézanne. Após explorar estas combinações em "*Les Demoiselles d'Avignon*", de 1907 (Figura 10.5), Picasso e Braque se concentraram em ampliar estas possibilidades. Enquanto Picasso se dedicava às representações figurativas sugeridas pela arte africana, Braque estudava o estilo volumétrico que nasceu em Cézanne (Ilustração D.14; Ilustração D.15 e Ilustração D.16, apêndice D) (ARGAN, 2013).

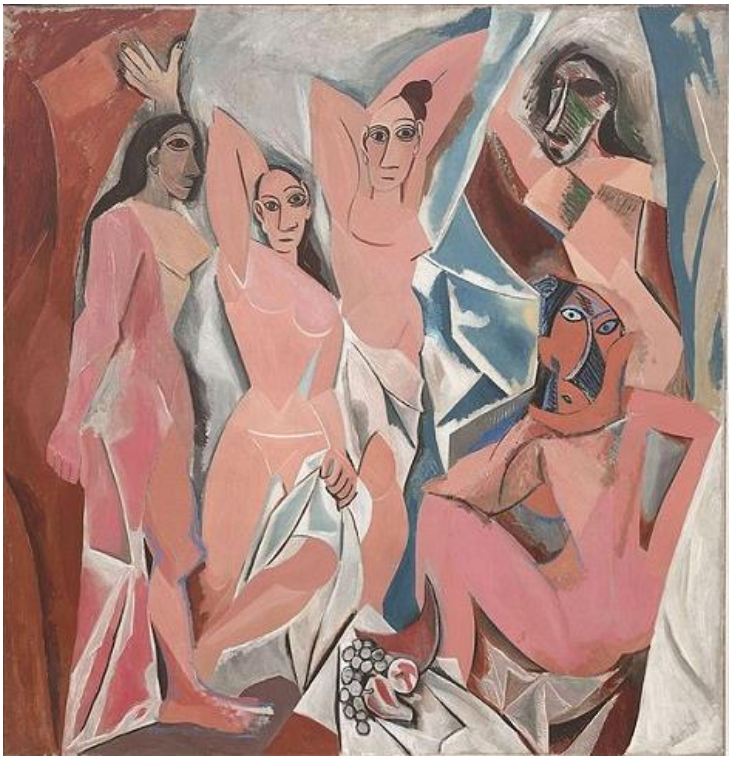


Figura 10.5 - *Les Demoiselles d'Avignon* (1907). Pablo Picasso.

Fonte: (PICASSO, 1907)

Picasso chocou até mesmo seus colegas de vanguarda ao apresentar *"Les Demoiselles d'Avignon"*. Este quadro apresenta grandes proporções, 2,44 x 2,34 m, e seu título se refere a uma rua de prostituição em Barcelona. Nessa obra, Picasso recorreu as qualidades abstratas do meio, a representação espacial é incoerente, destoante e até mesmo ilegível. Nela as imagens se compõem de fragmentos, como vidros lascados, sobrepostos e que flutuam sobre a superfície do plano pictórico. A figura sentada, logo abaixo, se apresenta de forma incongruentemente de costas para nós, mas com a face voltada para fora do quadro. Esta forma de representação foi denominada de simultaneidade na literatura cubista, trataremos deste assunto na sessão10.1.3.

O quadro apresenta vários estilos conflitantes no interior da mesma pintura. Os três nus a esquerda são inspirados nas antigas esculturas ibéricas que Picasso colecionava. Seus rostos foram inspirados nas máscaras africanas, que Picasso tomou conhecimento no museu de arte etnográfica, em Paris (JANSON, 2010).

Em 1909, tanto Picasso quanto Braque começaram a fundir a liberdade conceitual da arte africana com a geometria de Cézanne para descrever uma nova compreensão de realidade nas artes. A influência do trabalho de Cézanne levou Picasso a combinar várias

visões em uma mesma pintura, como fez em "*Les Demoiselles d'Avignon*". Esta atitude representa um claro protesto contra a perspectiva renascentista.

No final de 1909, o senso de realidade sólida e tangível presente nas "*La Roche-Guyon*", de Braque, e em "Moça com Bandolim", de Picasso, Figura 10.6 e Figura 10.7, deu lugar a formas e espaços com contornos cada vez mais indefinidos, produzidos por facetas cezannianas. Voltando à Figura 10.4, "Retrato de Ambroise Vollard", percebemos que a figura representada já não é mais independente do espaço, na verdade, nem existe mais uma simulação de espaço tridimensional legível na pintura (HENDERSON, 2013).

Quando o cubismo começou a atrair a atenção de outros artistas, por volta de 1910, uma lógica para esses trabalhos foi buscada por seus defensores. O objetivo de descrever uma realidade mais mental e idealista, em detrimento de representações naturalistas[99], foi então atribuído oficialmente ao cubismo. Entretanto, não fica claro se esta definição representa a intenção original de Picasso e Braque (HENDERSON, 2013).



Figura 10.6 - *La Roche-Guyon* (1909), Braque.
Fonte: (BRAQUE, 1909)

[99] O apêndice C, seção C.2, Correntes estilísticas básicas das artes plásticas, apresenta uma explicação suscinta sobre a visão naturalista, idealista e expressionista nas artes.



Figura 10.7 - Moça com Bandolim (1910), Picasso.

Fonte: (PICASSO, 1910)

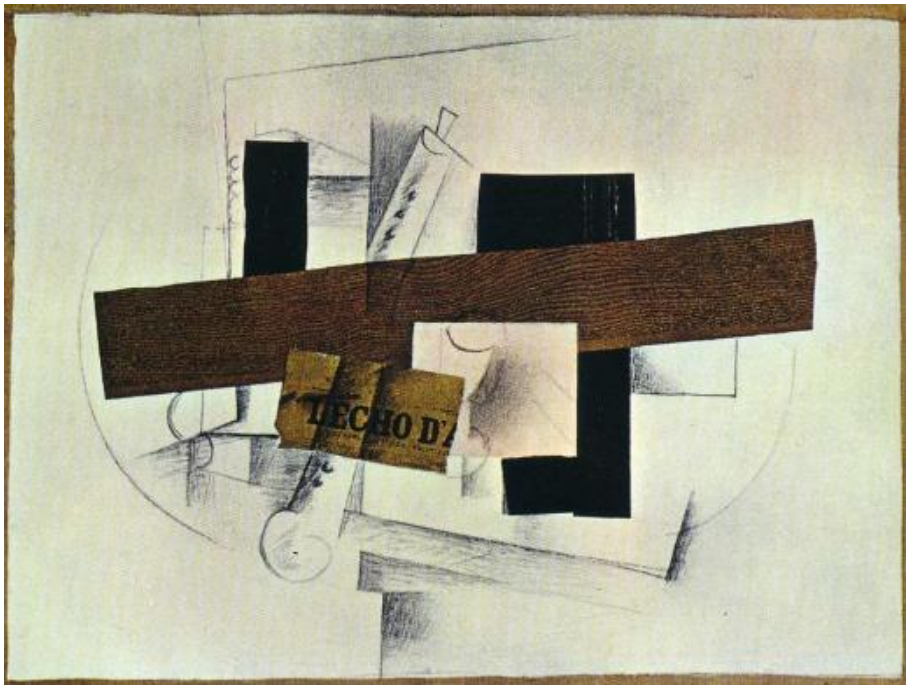


Figura 10.8 - O Clarinete, (1913). Braque.

Fonte: (BRAQUE, 1913A).

Em meados de 1912, buscando fugir da excessiva fragmentação dos objetos e perda de estrutura nas pinturas, Picasso e Braque alteraram radicalmente suas abordagens através do trabalho de colagens, inaugurando o Cubismo Sintético.

O domínio do novo método foi claramente demonstrado nas obras de Braque, "*La Joueuse de mandoline"*, de 1917, de 1913 (Figura 10.7) e em "Violino e Uvas", de 1912, Figura 10.9, de Picasso. Nesse estágio, o cubismo sintético, as obras retomam suas formas bem definidas e adotaram uma forte orientação bidimensional.



Figura 10.9 - Violino e Uvas, (1912). Pablo Picasso.
Fonte: (PICASSO, 1912).

Em "Violino e Uvas", Picasso representa um objeto apresentando cada uma de suas partes no ângulo em que suas formas se destacam mais claramente. Na História da arte, esse tipo de representação se remete a um "retorno" ao princípio egípcio de apresentação das partes mais significativas dos objetos, voltadas para frente. A voluta e a cravelha do violino, representadas no alto e a esquerda, são vistas pelos lados em que são mais características. Já a abertura do tampo harmônico é vista de frente. Os três elementos citados só poderiam ser vistos na forma em que foram representados se o violino estivesse

desmontado. Além dessas outras partes do violino, como as cordas por exemplo, estão representadas desconexas do restante das demais partes (JANSON, 2010).

Apesar dessa aparente confusão de formas desconexas o quadro não parece realmente desordenado. A razão é que o artista construiu o seu quadro a partir de peças mais ou menos uniformes, pelo que o todo apresenta uma consistência comparável à de obras de arte primitiva (primitivismo). Existe um inconveniente nesse método de construção da imagem, mas Picasso e Braque estavam perfeitamente cientes. Eles só poderiam usar formas mais ou menos familiares ao público. Quem olhasse para o quadro deveria saber qual é o aspecto original do objeto representado, no caso deste quadro um violino. Só assim poderiam correlacionar as partes fragmentadas ao longo do quadro. Este é o motivo pelo qual os quadros cubistas do período sintético usualmente representavam guitarras, garrafas, fruteiras ou figuras humanas. Ao que tudo indica, Picasso nunca pretendeu que os métodos do cubismo substituíssem os outros modos de representar o mundo. Isso fica evidente em sua disposição em modificar, vez por outra, seus métodos e retornar do experimentalismo para as formas mais tradicionais de arte (JANSON, 2010).

Assim como Cézanne, por exemplo em sua natureza-morta (Ilustração D.16), os cubistas se apropriavam de qualquer tema que fosse favorável ao estudo do equilíbrio de cor e desenho e ao estudo dos vários problemas de sua arte. Foi a partir daí que uma quantidade crescente de artistas passou a considerar como vital, em arte, encontrar novas soluções para os problemas de "forma"[100]. Para eles a "forma" vem sempre antes do "tema" (ARGAN, 2013).

Os pintores cubistas entenderam a possibilidade de existência de uma quarta dimensão como uma justificativa à rejeição da perspectiva linear renascentista, que já vinha sendo ensaiada desde Cézanne (HENDERSON, 2013). Durante o final do século XIX, diversos artistas puseram em dúvida a validade incontestável de tal perspectiva para as artes plásticas. Uma vez que o Cubismo Analítico, de Picasso e Braque, estabeleceu a primeira alternativa válida e genuína ao espaço da perspectiva renascentista, diversos

[100] Uma explicação suscinta sobre o entendimento de espaço e forma em artes plásticas pode ser encontrado no apêndice C,APÊNDICE C - As Artes Plásticas: o Espaço e a Forma, seção C.1.

artistas e intelectuais, como Metzinger (1883 - 1956)[101] e Apollinaire (1880 - 1918)[102], basearam suas explicações a este respeito na ideia de uma quarta dimensão.

> Desde o início, restava apenas a tendência de descobrir as afinidades das formas entre eles. A penetração de planos e volumes ocupou a mente dos pintores. A apresentação cinematográfica dos objetos os deteve por algum tempo. O estudo das dimensões os afligiu. Eles se perderam em digressões sobre eles. Sentindo intuitivamente que todo o mistério estava lá, eles o confundiram. Eles falaram da quarta dimensão. Algo os incomodou que eles não entenderam. A segunda fase desse movimento ocorre nesse imbróglio. O público viu nele apenas uma paixão intelectualista desordenada e criticou esses pintores por falta de sensibilidade. Ah! era realmente uma questão de sensibilidade, quando o problema aparecia em toda a sua magnitude para aqueles que ousavam abordá-lo. Quando o problema não podia mais ser resolvido com as felizes certezas de ontem, cuja fragilidade cada dia se mostrava cada vez mais claramente. (GLEIZES, 1920, p. 14) (Tradução nossa)[103]

Foram Metzinger e Albert Gleizes (1881 - 1953)[104] que escreveram o primeiro trabalho teórico sobre o cubismo, em 1912. Segundo Herbert (2000), em 1911, Gleizes, Metzinger, Delaunay (1885 - 1941) e Le Fauconnier (1881 - 1946) se reuniram no *Salon des Independants* para formar um movimento artístico autoconsciente que daria sequência ao cubismo, nascido com Picasso e Braque.

Ao contrário de Picasso e Braque, Gleizes e Metzinger não permaneceram distantes das discussões e isolados, como fizeram os dois pioneiros do Cubismo. Eles não

---

[101] Jean Dominique Antony Metzinger foi um pintor, escritor, crítico e teórico da arte francês. Seus trabalhos vão do pós-impressionismo, de 1900 a 1904, passando pelo fauvismo até chegar ao Cubistas.

[102] Guillaume Apollinaire (1880 - 1918) foi um escritor e crítico de arte francês, um dos mais importantes ativistas das vanguardas artísticas e um dos escritores do manifesto Cubismo.

[103] *Du départ initial, il ne resta que la tendance à découvrir les affinités des formes entre elles. La pénétration des plans et des volumes occupa l'esprit des peintres. La présentation cinématique des objets les retint quelque temps. L'étude des dimensions les angoissa. Ils se perdirent en digressions sur elles. Sentant intuitivement que tout le mystère était là, ils l'embrouillèrent. Ils parlèrent de quatrième dimension. Quelque chose les gênait qu'ils ne concevaient point. La seconde phase de ce mouvement se déroule dans cet imbroglio. Le public n'y vit qu'une passion intellectualiste désordonnée et reprocha à ces peintres de manquer de sensibilité. Ah! il était bien question de sensibilité, quand le problème apparaissait dans toute son ampleur pour ceux qui avaient osé l'aborder. Quand le problème ne pouvait plus être résolu avec les certitudes bienheureuses d'hier, dont chaque jour montrait avec de plus en plus d'évidence la fragilité.* (GLEIZES, 1920, p. 14)

[104] Albert Gleizes foi um artista, teórico e filósofo francês que, juntamente com Metzinger e Apollinaire contribuíram enormemente para o estabelecimento teórico do Cubismo. Disponível em: <https://archive.org/details/ducubismeetdesmo00glei/page/n7/mode/2up>. Acessado em 10/08/2020.

deixaram os outros falarem por eles sobre a arte cubista. Mezinger e Gleizes ansiavam por explicar seus pontos de vista e assim o fizeram em livros e muitas outras publicações, entrevistas e artigos (HERBERT, 2000). Dentre estes trabalhos, podemos destacar "*Du Cubisme*", de 1912, e "*Du cubisme et des moyens de le comprendre*", de 1920. Nessas duas obras estão os fundamentos da teoria cubista.

> Uma arte não pode ser elevada de uma só vez ao nível de um derrame puro. Isso é entendido pelos pintores cubistas, que estudam incansavelmente a forma pictórica e o espaço que ela gera. Confundimos negligentemente este espaço com o espaço visual puro ou com o espaço euclidiano. Euclides, em um de seus postulados, fala da indeformabilidade das figuras em movimento, por isso não precisamos insistir nesse ponto. Se desejássemos vincular o espaço do pintor a uma geometria específica, teríamos que encaminhá-lo aos cientistas não euclidianos; deveríamos ter que estudar, em certa medida, alguns dos teoremas de Riemann. (GLEIZES; METZINGER, 1964, p. 7-8) (Tradução nossa)[105]

Segundo Henderson (2013), os cubistas nunca interpretaram a quarta dimensão como o próprio tempo, nem como H.G. Wells, em "*The Time Machine*", nem como mais tarde foi empregado por Minkowski, em 1908, nas discussões sobre o espaço-tempo quadridimensional. Para os cubistas, o tempo representava simplesmente o meio que permitia ao artista reunir e sintetizar informações sobre a quarta dimensão do espaço. Assim como na geometria n-dimensional, o tempo desempenha apenas um papel de apoio, permitindo aos artistas representarem o movimento físico ou mental necessário para formar uma ideia da dimensionalidade total dos objetos (HENDERSON, 2013).

A semelhança da ideia defendida por Hinton, de que manipulando objetos geométricos seria possível se atingir a compreensão da quarta dimensão, os cubistas acreditavam que, movendo sistematicamente os objetos ou girando-os mentalmente, o artista poderia avançar de três para quatro dimensões (HENDERSON, 2013). Esta ideia de movimento sistemático era uma ideia importante da teoria cubista. Podemos perceber

---

[105] *An art cannot be raised all at once to the level of a pure effusion. This is understood by the Cubist painters, who tirelessly study pictorial form and the space which it engenders. This space we have negligently confused with pure visual space or with Euclidean space. Euclid, in one of his postulates, speaks of the indeformability of figures in movement, so we need not insist upon this point. If we wished to tie the painter's space to a particular geometry, we should have to refer it to the non-Euclidean scientists; we should have to study, at some length, certain of Riemann's theorems.* (GLEIZES; METZINGER, 1964, p. 7-8)

certa semelhança entre este raciocínio e o pensamento de Hinton, sobre a manipulação dos seus hipercubos para desenvolver a visão de um mundo quadridimensional.

As geometrias não-euclidianas tiveram, para os cubistas, um significado filosófico mais amplo que um simples empreendimento matemático e, assim como a quarta dimensão, ganharam aplicação de "forma" e de "espaço" nas pinturas. Segundo Henderson (2013), tanto o significado filosófico como a aplicação na espacialidade, das geometrias não-euclidianas na pintura cubista, foram baseadas nas teorias de Poincaré, o principal defensor do assunto na época.

10.1.3 O Cubismo e a Teoria da Relatividade Restrita

A popularização da teoria da relatividade na França, após confirmação experimental de sua Teoria da Relatividade Geral, foi imediata e Einstein tornou-se repentinamente uma figura mundialmente importante. Assim como em diversos outros lugares, na França o volume de artigos e livros sobre o assunto se multiplicou rapidamente. Em 1922, quando Einstein visitou Paris para dar uma palestra no *College de France*, o interesse público pelas novas teorias foi ainda mais fortalecido. O entusiasmo anterior pelos trabalhos de Poincaré foi agora deslocado para Einstein. Em março de 1913, o próprio Einstein já havia viajado para Paris a fim de se dirigir à *Societe Francaise de Physique* e divulgar seu trabalho, no entanto, essa aparição em Paris não recebeu grande publicidade, pois em 1913 Einstein era simplesmente outro físico estrangeiro que visitava a França (HENDERSON, 2013).

Segundo Henderson (2013), embora o termo simultaneidade tenha sido empregado pelos cubistas e os historiadores da arte interpretarem o cubismo em termos da Teoria da Relatividade de Einstein, os cubistas não foram influenciados por Einstein e Minkowski quanto a questão da simultaneidade e da quarta dimensão.

A simultaneidade para Einstein representava a impossibilidade de atribuirmos qualquer significado absoluto a este conceito, ou seja, dois eventos que se apresentam simultâneos quando vistos de um sistema de referência não o serão mais para qualquer outro sistema de referências em movimento relativo ao primeiro. Já a simultaneidade para os pintores cubistas representava a possibilidade de mostrar várias visões, ou pontos de vista, de um mesmo objeto em um mesmo quadro. Ou seja, de reunir em uma mesma

imagem momentos ou aspectos dos objetos amplamente separados no espaço ou no tempo. Mesmo que, na prática, Picasso e Braque já estivessem praticando a simultaneidade ao representarem figuras e objetos com seus vários lados representados ao mesmo tempo, o uso da palavra simultaneidade foi adotado somente após a exposição dos futuristas[106] italianos de fevereiro de 1912.

Alguns fatos mostram, segundo Henderson (2013), como é implausível a influência de Einstein sobre os cubistas. O primeiro fato a ser observado é que os nomes de Einstein ou Minkowski não são referenciados nos textos e discussões teóricas apresentadas na literatura cubista a respeito de quarta dimensão ou simultaneidade (HENDERSON, 2013). Outro fato é que o conteúdo da Teoria Especial de Einstein de 1905 e a descrição de Minkowski do continuum espaço-tempo, de 1907-1908, não envolvem diretamente uma correlação de uma quarta dimensão e a geometria não-euclidiana, o que ocorrerá apenas em 1916, com a Teoria da Relatividade Geral.

Na formulação original da Teoria da Relatividade de Einstein, de 1905, e em seu artigo sobre a equivalência de massa e energia, que traz a famosa equação $E = mc^2$, de 1907, nem o conceito de quarta dimensão ou mesmo as geometrias não-euclidianas desempenham qualquer papel na teoria. Foi após 1907 e 1908, nas duas famosas palestras de Minkowski, que as ideias de quarta dimensão temporal e do continuum espaço-tempo criaram uma representação geométrica quadridimensional da teoria de Einstein. Nos sistemas móveis de Einstein, de 1905, a geometria de Euclides e as descrições em coordenadas cartesianas são plenamente válidas e suficientes. Somente em 1917 Einstein publicou suas "Considerações cosmológicas sobre a teoria geral da relatividade", quando o continuum espaço-tempo ganhou novas proporções com a geometria não-euclidiana de Riemann (1826 - 1866). Até esta data, a interpretação cubista de quarta dimensão e a representação do tempo pelos cubistas eram consequências das geometrias n-dimensionais do século XIX, que não interpretavam o tempo como uma dimensão física real e equivalente às demais dimensões espaciais (HENDERSON, 2013).

[106] O futurismo foi o movimento artístico e literário que surgiu por volta de 1909, com a publicação do Manifesto Futurista pelo poeta italiano Filippo Marinetti (1876 - 1944). Seus adeptos rejeitavam o moralismo, as tradições e o passado, idolatrando a tecnologia e as possibilidades de um futuro dinâmico. Esta paixão pela modernidade era expressa em suas obras, fortemente baseadas na velocidade e nos desenvolvimentos tecnológicos do final do século XIX.

Segundo Henderson (2013), um dos primeiros a estabelecer uma relação causal entre o Cubismo e a Teoria da Relatividade foi Paul Laporte (1904 – 1980)[107], em 1949, "*Cubism and Science*". Em seu trabalho, Laporte estabelece uma correlação entre a abordagem não-euclidiana na Física e a quebra da perspectiva linear na arte ocidental. Segundo ele, associar o conceito de *continuum* espaço-tempo ao estabelecimento de uma nova linguagem pictórica pelo cubismo torna os fatos mais compreensíveis. Para ele, estes dois empreendimentos humanos aconteceram exatamente ao mesmo tempo. No entanto, Henderson (2013) argumenta que a plausibilidade desse raciocínio é contestável, conforme já mencionado anteriormente. Além disso, Laporte e outros que argumentam nessa direção nunca apresentaram evidências a este respeito (HENDERSON, 2013).

Como mencionado na seção 8.7, em 1909, a *Scientific American* patrocinou o concurso internacional de ensaios sobre o assunto: "O que é a quarta dimensão?". Em 1920, a mesma *Scientific American* anunciou um concurso de ensaios sobre a "Teoria da Relatividade de Einstein", refletindo o novo interesse popular do momento. Em certa medida, a Teoria da Relatividade de Einstein representou para o público em geral de 1920 o equivalente ao que a quarta dimensão havia sido para o público de 1909 (HENDERSON, 2013).

10.1.4 Surrealismo

Após a segunda década do século XX, os estudos psicanalíticos de Sigmund Freud (1856 - 1939), somados aos novos conceitos científicos e às incertezas políticas e sociais da época, criaram um clima propício ao desenvolvimento do movimento artístico do Surrealismo. Este movimento artístico teve como principal característica expressiva a tentativa de interferir na realidade de maneira fantasiosa e irracional, buscando representar o inconsciente humano de maneira livre e sem nenhum filtro crítico de racionalidade. O foco era a valorização do impulso psíquico, onde a razão humana perde totalmente o controle. Os surrealistas buscavam modelar formas abstratas e simbólicas do subconsciente humano por meio do automatismo e da livre expressão artística (ARGAN, 2013).

[107] Paul Laporte foi um importante professor e pesquisador alemão de História da arte.

O nome Surrealismo foi cunhado em 1924 com o propósito de expressar o desejo dos jovens artistas de criar algo mais real do que a própria realidade, ou seja, algo mais significativo que a simples *mimesis* daquilo que vemos. Eles ficaram fortemente impressionados com as ideias de Sigmund Freud, que tenta demonstrar que, quando entorpecemos nossos pensamentos por algum meio, libertamos a criança e o selvagem que existem em nós e eles passam a dominar nossas ações. Para os artistas, a teoria freudiana do inconsciente veio confirmar a existência de realidades para além da realidade sensorial ou inteligível, servindo de rampa de lançamento ao imaginário e ao estilo surrealista (GOMBRICH, 1999).

O marco histórico do nascimento do movimento foi a publicação do Manifesto Surrealista de 1924, assinado por André Breton (1896 - 1966). A análise dos sonhos e sua livre associação com o inconsciente, métodos utilizados na psicanálise freudiana, transformaram-se em procedimentos básicos para os surrealistas. Foi no final de 1925 que Breton produziu a primeira exposição surrealista, com obras de Max Ernst (1891-1976), Pablo Picasso (1881 - 1973), André Masson (1896 - 1987) e Joan Miró (1893 - 1983), além de De Chirico (1888 - 1978), Paul Klee (1879 - 1940), Man Ray (1890 - 1976) e Jean Arp (1886 - 1966) (JANSON, 2010).

Foi Masson, em 1926, que começou a investigar processos criativos inconscientes, despejando cola sobre a tela e espalhando areia na sua superfície, que aderia as zonas cobertas pela cola. Logo depois, Max Ernst começou a trabalhar com a decalcomania, um processo de impressão de tinta óleo diluída sobre tela, a partir de uma outra superfície, criando uma textura rugosa e irregular. Ele desenvolveu, ainda, várias técnicas para estimular a imaginação. Outro nome importante do surrealismo foi Joan Miró, com suas abstrações biomórficas e geométricas. Miró recorreu a um vocabulário minimalista, que inclui cor e forma, para criar uma imagem mítica que evoca condições de vida bastante primitivas (ARGAN, 2013).

Em sua essência, principalmente na defesa autoritária de André Breton ao ideal surrealista que imaginará em seu manifesto, este movimento se apresentava não figurativo, ou seja, não se baseava em objetos e representações naturalistas ou mesmo expressionistas. No entanto, alguns artistas enveredaram para o caminho figurativo, o que Breton recriminava fortemente. Foi no final dos anos 1920 que um número cada vez maior de artistas enveredou pelo estilo figurativo ou semi-figurativo no surrealismo. Um desses

artistas foi René Magritte (1898-1967) que passou os anos de 1927 a 1930 em Paris, mas que, no entanto, nunca foi oficialmente reconhecido por Breton como surrealista.

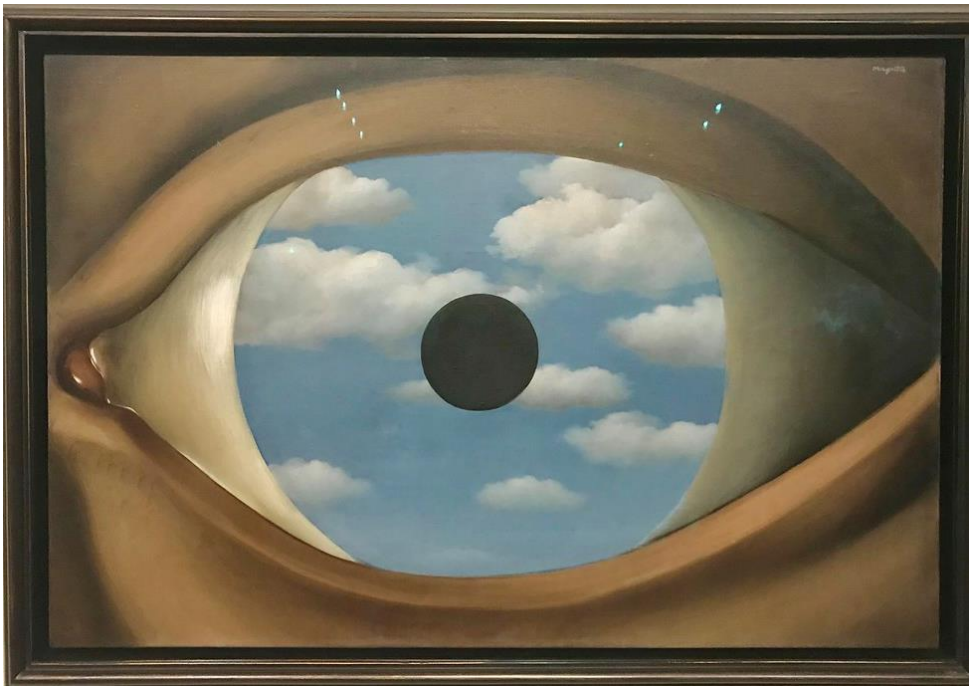


Figura 10.10 - Espelho Falso (1928). Magritte, René.
Fonte: (MAGRITTE, 1928).

O seu “Espelho Falso” (Figura 10.10), pintado em 1928, representa um plano irreal de um olho, cuja íris reflete o céu com extraordinária definição. No entanto, a íris representa um fantasmagórico eclipse solar, onde Magritte sugere que se encontra o inconsciente humano (JANSON, 2010).

Outro artista muito influente no Surrealismo foi Salvador Dali (1904-1989), que se aprofundou em um estilo figurativo impregnado dos “complexos psicológicos” descritos por Freud. As teorias psicanalíticas de Freud sempre estiveram fortemente representadas ao longo de toda a sua obra. Ele pintava seguindo um método criativo espontâneo e frenético baseado num estado de paranoia, na maioria das vezes induzido pelo uso de alucinógenos, ao qual denominou de “paranoico crítico”. A motivação obvia era a atitude de quem recusa a lógica da vida comum e, segundo ele, a busca pelo total descrédito da realidade (ARGAN, 2013).

Curiosamente, Dali iniciou no mundo surrealista parisiense não pela pintura, mas com uma produção cinematográfica de curta metragem chamada "*Un Chien Andalou"* ("Um Cão Andaluz")[108], realizado em conjunto com Luis Buñuel (1900-1983). Trata-se de um filme sem uma sequência lógica clara onde, para obterem os efeitos surrealistas, Dali e Buñuel recorreram a sobreposição de cenas, sem relação aparente entre si, criando sequencias oníricas com diversos contextos em uma mesma obra.

10.1.5 Surrealismo e a Quarta dimensão

Embora sendo a teoria psicanalítica freudiana o principal foco de interesse e fonte de inspiração da teoria surrealista, alguns temas anteriores associados às dimensões mais elevadas e às geometrias não-euclidianas também estão presentes no trabalho de Breton e de diversos outros surrealistas.

Breton herdou do Dadaísmo[109] a desconfiança no mundo externo e na lógica racionalista. Em seus trabalhos há uma forma de abordar esta temática muito parecida com os argumentos de Ouspensky, em sua busca por uma nova antilógica quadridimensional. Além disso, Breton estava ativamente interessado no espiritualismo e no misticismo como meio de comunicação com o inconsciente. Por volta de 1922, Breton e diversos colegas já experimentavam transes espiritualistas para escapar do controle da razão (HENDERSON, 2013).

As Geometrias não-euclidianas foram incorporadas oficialmente ao surrealismo em 1936. Para André Breton, as novas geometrias eram os argumentos ideais para justificar uma nova "surrealidade". Até a famosa obra de Salvador Dali, "A Persistência da Memória" (Figura 10.11), de 1931, com seus relógios derretidos, já apresentava tons não-euclidianos em sua composição (HENDERSON, 2013).

Em "A Persistência da Memória", Dali representa objetos misteriosos, como a cabeça amorfa deitada, e ambientes inusitados que não se conectam racionalmente.

---

[108] Este filme está disponível em: <https://youtu.be/brjU7JQVGQg>. Visitado em 24/06/2020.

[109] O Dadaísmo foi um movimento artístico da vanguarda iniciado por volta de 1916, em meio a Primeira Guerra Mundial. Ele foi fundado por escritores, poetas e artistas plásticos que desertaram do serviço militar. O Dada representava uma arte de protesto com o objetivo de chocar e provocar a sociedade burguesa da época. Suas obras baseavam-se no acaso, no caos e na desordem. Um dos nomes mais conhecidos e influentes que vieram a participar do movimento foi Marcel Duchamp.

Segundo Dali, os relógios de bolso amolecidos lhe ocorreram ao contemplar um prato de queijo camembert derretido, ao jantar (JANSON, 2010). A pintura desperta múltiplas associações, no entanto a mais óbvia se refere a passagem do tempo, enquanto a decadência física e a morte são inevitáveis. Esta degradação física está representada pelas formigas sobre um dos relógios e uma mosca sobre o outro. O título da obra sugere uma reflexão sobre o passado, como as lembranças do que já foi, e não um olhar para o futuro. Assim como metáforas para os mais profundos desejos, medos, ansiedades e, principalmente, os impulsos sexuais. Uma multiplicidade de interpretações pode ser feita, partindo do inconsciente de cada observador que se ponha a apreciar esta obra (ARGAN, 2013).



Figura 10.11 - Persistência da Memória (1931). Salvador Dali.
Fonte: (DALÍ, 1931).

É perceptível que a concepção de tempo de Einstein pode ter pesado nas obras de Salvador Dali, ao ponto de aparecer em diversas de suas obras. Segundo o próprio Dali, o tempo é impensável sem o espaço e isso está presente em cada um dos seus quadros (DALÍ, 1976). Entretanto, o advento dos trabalhos de Einstein não negou aos surrealistas a importância das novas geometrias ou mesmo apagou a interpretação quadridimensional espacial. Embora reconhecendo as teorias de Einstein, André Breton e vários pintores

surrealistas mantiveram muitas das implicações pré-einsteinianas da “quarta dimensão” e geometria não-euclidiana, durante as décadas de 30 e 40. Mesmo Dalí tendo representado o tempo em seus quadros e até mesmo expressado alguma relação destes com a teoria de Einstein (DALÍ, 1976), ele também não abandonou completamente conceitos e ideias pré-relativísticas (HENDERSON, 2013).

Ao que tudo indica, a tradição espacial da quarta dimensão possuía associações místicas e irracionais bastante ricas para a “perspectiva” surrealista. Assim, em face da quarta dimensão temporal da Teoria da Relatividade, os pintores simplesmente não abandonaram a compreensão de uma quarta dimensão extrassensorial, também espacial. Lembremos que, em artes, estas definições não precisam ser definitivas. Assim como H. G. Wells representou a quarta dimensão como temporal, em sua obra mais conhecida, e também como espacial em outras de suas obras, nas obras de artes plásticas também ocorreram diferentes interpretações e usos do conceito de quarta dimensão.



Figura 10.12 - Crucificação (Corpus Hypercubus) (1954). Salvador Dali.
Fonte: (DALÍ, 1954).

Em “*A Crucifixion (Corpus Hypercubicus)*”, de Salvador Dali, de 1954, Figura 10.12, percebemos a semelhança entre a representação de um hipercubo desdobrado no

espaço, de Bragdon, Figura 7.7 , e a cruz representada nessa obra. Podemos perceber que, no próprio nome da obra está registrada a palavra Hipercubo, termo utilizado para tratar de um cubo quadridimensional, onde a quarta dimensão é espacial. Neste quadro, Dalí utiliza elementos da pintura clássica, perceptível no vestuário da personagem que observa o Cristo crucificado, e um estilo de iluminação bastante influenciado pelo pintor Caravaggio (JANSON, 2010). Já o teor místico de Dali é representado no Cristo crucificado em um "tesserato" desdobrado, objeto geométrico quadridimensional da Filosofia do Hiperespaço.

Uma outra inspiração de Dalí pode ter vindo de sua mudança de estilo, entre os anos 1940 e 1950, que nessa época migrou do surrealismo tradicional para a representações que vinculavam elementos religiosos ao seu fascínio pela ciência. Seu encantamento com a física atômica, interesse que cresceu após o bombardeio de Hiroshima em 6 de agosto de 1945, pode ser percebido, por exemplo, na Figura 10.13.



Figura 10.13 - Galatea das Esferas (1952). Salvador Dali.

Fonte: (DALÍ, 1952).

No livro "*The Conquest of the Irrational*"[110] (A Conquista do Irracional), Dali demonstra seu fascínio e, no entanto, também sua preocupação com a excessiva busca pela razão e abandono da intuição. Nesse mesmo texto ele afirma que:

> Para nós, surrealistas, como você pode se convencer, prestando pouca atenção a nós, não somos exatamente artistas e não somos exatamente homens da ciência; nós somos caviar, e caviar, acredite em mim, é verdadeira extravagância e inteligência de gosto, [...] se o caviar é a experiência vital do esturjão, é também a dos surrealistas, pois, como ele, somos peixes carnívoros que, como eu já insinuei, estão nadando entre dois tipos de água, a água fria da arte e a água morna da ciência, e é precisamente nessa temperatura e nadando contra a corrente que a experiência de nossa vida e de nossa fecundação atinge essa profundidade agitada, essa hiper lucidez irracional e moral que só é produzida nesse clima de osmose neroniana[111] provocada pela fusão viva e contínua da espessura e do calor coroado da sola, da satisfação da circuncisão e do ferro fundido da sola, da ambivalência territorial e da paciência agrícola, do colecionismo agudo e dos picos de sustentação das cartas de White sobre o velho. (DALÍ, 1935, p. 10) (Tradução nossa.)[112]

Nesse mesmo livro ele se detém discutindo os seus relógios moles, no contexto de seus comentários sobre geometria euclidiana, não-euclidiana e as teorias de Einstein. Dali também reflete uma preocupação com dimensões espaciais mais elevadas, embora esta noção nunca tenha dominado sua arte.

> Hoje, a nova geometria do pensamento é a física, e se o espaço, como Euclides o entendeu, não era nada mais para os gregos do que uma abstração muito distante, inacessível ainda ao contínuo tridimensional tímido que Descartes anunciaria mais tarde, em

---

[110] Disponível em: <https://archive.org/details/DaliConquestIrrational>. Visto em 15/07/2020.

[111] Neroniano, que é relativo ao imperador romano Nero.

[112] *For we, surrealists, as you may be convinced by paying a Little attention to us, we are not exactly artists and we are not exactly men of science; we are caviar, and caviar, believe me, is true extravagance and intelligence of taste, […] if caviar is the vital experience of the sturgeon, it is also that of the surrealists, for, like it, we are carnivorous fish who, as I have already insinuated are swimming between two kinds of water, the cold water of art and the warm water of science, and it is precisely in this temperature and swimming against the current that the experience of our life and of our fecundation attains that agitated profundity, that irrational and moral hyper-lucidity which is only produced in this climate of neronian osmosis brought, about by the living and continual fusion of sole's thickness and crowned heat, of the satisfaction of sole's circumcision and sheet-iron, of territorial ambivalence and agricultural patience, of acute collectionism and, propped-up cap-peaks, of white's letters on the old.* (DALÍ, 1935, p. 10)

> nosso tempo espaço se tornou, como você sabe aquela coisa terrivelmente material, terrivelmente pessoal e significativamente física que nos pesa como autênticos comedões[113]. Se os gregos, como eu já disse acima, materializaram sua psicologia e seus sentimentos euclidianos na clareza muscular, nostálgica e divina de sua escultura, Salvador Dali[114], em 1935, não está mais satisfeito em fazer com que o auto-amorfismo seja uma pergunta agonizante e colossal que é a do espaço-tempo einsteiniano, ele, não é mais capaz de fazer uma aritmética libidinosa para você, não está mais satisfeito, repito, em fazer disso uma carne para você, ele está fazendo, seu queijo. Estar convencido de que os famosos relógios flácidos de Salvador Dali não são mais que o terno, extravagante e solitário camembert crítico-paranoico do tempo e do espaço. (DALÍ, 1935, p. 24-25) (Tradução nossa.)[115]

Obviamente que em sua escrita, Dali faz uso de suas poéticas e nem sempre claras figuras de linguagem e analogias, no entanto, podemos ao menos perceber que a geometria não euclidiana, a questão das dimensões mais elevadas do espaço e as teorias físicas da época povoavam sua mente de artista, tanto quanto as questões próprias da arte de seu tempo.

10.1.6 Resumindo sobre artes plásticas e a quarta dimensão

O século XX foi herdeiro das inúmeras mudanças sociais, psicológicas, políticas e científico-tecnológicos do século anterior e todo esse mundo novo que se descortinava trouxe à tona grande euforia, entretanto também fez crescer em alguns indivíduos certa sensação de instabilidade e insegurança. Devemos lembrar que na segunda década do

---

[113] Comedão é o mesmo que "cravo" de rosto.

[114] Por mais que pareça excêntrico, Salvador Dali se referia a si mesmo em terceira pessoa, em diversas ocasiões e em vários dos seus textos.

[115] *Today the new geometry of thought is physics, and if space, as Euclid understood it, was nothing more to the Greeks than a very distant abstraction, inaccessible still to the timid three-dimensional continuum that Descartes was to announce later, in our time space has become, as you know; that terribly material, terribly personal and significant physical thing which weighs us all down like authentic comedons. If the Greeks, as I have already said above, materialized their psychology and their euclidian sentiments in the muscular, nostalgic and divine clarity of their sculpture, Salvador Dali, in 1935, is no longer content to make auto-amorphism for you out of the agonizing and colossal question which is that of einsteinian space-time, he, is no longer content to make libidinous arithmetic of it for you, no longer content, I repeat, to make flesh of it for you, he is making, you cheese of it, for be persuaded that Salvador Dali's famous flabby watches arc nothing else than the tender, extravagant and solitary paranoiac-critical camembert of time and space.* (DALÍ, 1935, p. 24-25)

século XX eclodiu a Primeira Grande Guerra e, ao que parece, as almas mais sensíveis e atentas ao que está ocorrendo, como os artistas em geral o são, sentem que algo está por vir antes mesmo que ocorra.

Em meio ao turbilhão de novidades tecno-científicas e ao capitalismo crescente, muitos buscavam uma fuga desta realidade, uma forma nova e diferente de entender o mundo e a própria arte. Para os artistas do início do século XX, a quarta dimensão representava esta alternativa para as visões idealistas de uma realidade superior. A procura por novas "linguagens" artísticas era generalizada nesta época, o que se somou às críticas dos artistas ao conservadorismo, tanto na sociedade como na arte.

Como foi possível perceber, o Cubismo e o Surrealismo nasceram em um período repleto de questionamentos a respeito da estrutura do mundo, da matéria e da própria realidade. Nas obras de Picasso e Braque, entre 1909 e 1912, como o "Retrato de Vollard de Picasso", Figura 10.4, e "*La Roche-Guyon*", Figura 10.6, podemos perceber fortemente a geometrização não-euclidiana do espaço nos quadros do período analítico.

A ideia de uma nova linguagem para o futuro, nos textos da teoria cubista, se assemelhava muito às críticas e aos argumentos de Ouspensky contra a lógica e a razão de até então. Uma militância antirracional surgiu, assim, com os dadaístas e os surrealistas. Seja por subversão ou por uma visão lírica[116] da realidade, a "quarta dimensão" como razão para explorar novos tipos de linguagem em arte justificava algumas das mais avançadas experimentações da época. Indo desde um conceito puramente geométrico-espacial, em Poincaré, até uma visão mística da Filosofia do Hiperespaço, de Hinton, Bragdon e Ouspensky, a quarta dimensão ofereceu uma grande variedade de interpretações artísticas.

Na visão popular, a quarta dimensão assumiu diferentes conexões científicas, com a gravidade, o éter, os átomos, os raios X e outros. Isso, em parte, devido ao fato dos desenvolvimentos científicos do final do século XIX apontarem para a existência de um reino invisível, como no caso do raio X, dos átomos e da radioatividade. Após a popularização da Teoria da Relatividade de Einstein, a partir de 1919, a quarta dimensão

[116] Termo que, na Antiguidade, estava relacionado à composição poética cantada com acompanhamento da lira, instrumento musical bastante usado na Grécia antiga. Atualmente se utiliza este termo para gênero literário lírico, que se refere ao tipo de texto onde predomina a expressão de sentimentos e emoções subjetivas do sujeito.

migrou para a Teoria da Relatividade, e sua definição espacial mudou para o tempo (HENDERSON, 1988).

Segundo Henderson (2013), a quarta dimensão se tornou uma preocupação comum à artistas modernos como os cubistas analíticos e sintéticos, futuristas italianos e russos, suprematistas e construtivistas, dadaístas e membros do De Stijl, dada a popularidade da quarta dimensão nesse período.

Para Duchamp, as n-dimensões e as geometrias não-euclidianas foram um estímulo para ir além da pintura a óleo tradicional para explorar o inter-relacionamento das dimensões e até mesmo reexaminar a natureza da perspectiva tridimensional. Ele também encontrou algo de subversivo nas novas geometrias, no fato destas desafiarem as "verdades" geométricas e espaciais de longa data (HENDERSON, 2013).

Já para os artistas do Surrealismo, a tradição espacial da quarta dimensão representava uma cornucópia[117] de possibilidades místicas e irracionais. Mesmo em face dos conceitos de Einstein-Minkowski, estes pintores ainda mantinham a noção de quarta dimensão espacial. Ao que parece, na maioria das representações surrealistas, o tempo é um elemento presente e importante, mas não necessariamente representa a quarta dimensão. Como já foi dito, em artes, estas definições não precisam ser definitivas.

Como foi possível perceber, o tempo foi um elemento presente no trabalho "A Persistência da Memória" de Salvador Dali, Figura 10.11, assim como em várias outras obras. Já a representação da tradição da filosofia do hiperespaço também aparece em suas obras. Em "*A Crucifixion (Corpus Hypercubicus)*", também de Salvador Dali, é clara a representação do hipercubo desdobrado em cruz, de Bragdon.

Como foi possível perceber, as geometrias não euclidianas e a quarta dimensão foram elementos muito presentes nas artes plásticas do início do século XX. Entretanto, apesar dos desenvolvimentos científicos serem fontes de inspiração de alguns desses artistas, o conceito espacial acabou coexistindo com o conceito temporal de quarta dimensão, em suas ideias e concepções.

---

[117] Em uma das histórias da mitologia grega, o menino Zeus teria se alimentado com o leite de uma cabra. Zeus deu um dos cornos (chifre) da cabra para suas amas, como uma lembrança por seus cuidados. Então, assim como o corno era capaz de se encher de qualquer coisa, este virou símbolo de abundância. *Cornucopiae* ou "corno da abundância", em latim, o termo passou a ser entendido com este significado abundância, muitos recursos, posses.

11. Elementos para uma possível atividade em sala de aula

Imersos em todas as ideias e discussões empreendidas ao longo desta tese, viemos agora trazer algumas ideias e sugestões para uma possível proposta de ciência e arte, em um enfoque histórico-cultural, sobre o tema que apresentamos. Também apresentamos aqui algumas questões relacionadas a nossa proposta que poderão ser melhor respondidas e, talvez, resolvidas com a realização de uma pesquisa empírica ao longo dessa prática de sala de aula.

Conforme já dito anteriormente, todas as dificuldades profissionais, acadêmicas e pessoais geradas pela pandemia de COVID-19 nos conduziram a tomar a decisão de não focarmos nossos esforços na tentativa de construir uma prática de sala de aula mais elaborada e levá-la a cabo. Isto demandaria um trabalho de elaboração que talvez não pudesse dar frutos em tempo hábil de serem apresentados nesta tese. Como o início do afastamento social ocorreu por volta de meados de março de 2020, podemos constatar que já se passou um ano de afastamento social e as atividades ainda estão ocorrendo em formato híbrido, em algumas escolas, e apenas remoto em outras, como é o caso da instituição onde esta prática ocorreria. Esta estimativa de tempo, obviamente, está relacionada com a data na qual estamos defendendo esta tese. O retorno das aulas em formato remoto demandou muito esforço, adaptação e criatividade por parte de professores e de todo o corpo de profissionais das escolas.

Anteriormente à necessidade de afastamento social, em nenhum momento havíamos atentado para a possibilidade de uma realização remota da nossa proposta. Esta revisão na forma de abordagem demandaria uma profunda avaliação de como proceder nesse novo formato. Isso dificultaria o término desta tese dentro dos prazos acadêmicos estabelecidos. Tendo em vista estas questões apontadas, decidimos nos deter nos aprofundamentos teóricos para o nosso trabalho e apenas fazer apontamentos a serem pensados e resolvidos em uma futura atividade prática baseada nesta tese.

A temática da quarta dimensão e o enfoque que defendemos tinham sido pensadas para serem abordadas em uma disciplina obrigatória de Física Moderna 1, de um curso de licenciatura em física, de uma instituição federal de ensino. O objetivo geral desta proposta era, e continua sendo, contribuir para uma formação mais abrangente, culturalmente, desses alunos de física, seguindo em direção aos objetivos que havíamos

elencado na seção 4.2. Relembrando rapidamente nossos objetivo gerais, temos como foco: I - Mostrar a física como parte da cultura humana (ZANETIC, 1989); II – Mostrarmos que ela se encontra imersa em um contexto de época (REIS; GUERRA; BRAGA, 2006) em que, por vezes, emergem temas que permeiam toda uma sociedade, como uma espécie de "espírito de época", *Zeitgeist*, (SHLAIN, 1991); III – Buscar romper com a ideia de Duas Culturas (SNOW, 1995), que só presta um desserviço ao próprio desenvolvimento do conhecimento humano; IV - Discutir alguns aspectos a respeito do processo de produção do conhecimento científico, da NdC e a presença recorrente de metafísica; de influências filosóficas e teológicas, a recorrência de ideias *ad hoc* , de erros e acertos, de controvérsias e consensos (GUERRA; BRAGA; REIS, 1998); V - Mostrar a ciência como parte de um todo, como um conhecimento que integra a cultura humana ao qual ajuda a transformar e é por ela influenciada; VI - Privilegiar o entendimento e a capacidade de conexão entre os saberes, em detrimento da memorização, buscando apresentar, sempre que possível, as conexões entre a ciência e a cultura mais geral.

Estas eram nossas idealizações iniciais e serão nossos objetivos, quando for possível a realização de tal prática de sala de aula.

Para que fique mais clara a conexão dos nossos recortes histórico-culturais e de conteúdos referentes à nossa proposta, entendemos que é importante que mencionemos o contexto educacional para a qual nossa tese foi elaborada. Mesmo que a atividade prática que estamos mencionando não tenha sido realizado e não tenhamos dados de pesquisa empírica para discutir, faz-se necessário que o leitor entenda nossas motivações.

11.1 Sobre a instituição de ensino, o curso de licenciatura e a disciplina

A instituição de ensino mencionada se trata de uma unidade/*campus* descentralizada do CEFET-RJ na cidade de Nova Friburgo, cidade do interior do estado do Rio de Janeiro. Esta unidade conta com dois cursos de nível médio-técnico, administração e informática, e com quatro cursos de nível superior, bacharelado em turismo, licenciatura em física, sistemas de informação e engenharia elétrica. Vale ressaltar que os cursos de bacharelado em turismo e a licenciatura em física são cursos noturnos, todos os demais são diurnos.

Por ser um curso de licenciatura em física, no interior do estado, conta com um número reduzido de alunos, devido a diversos fatores sociais, políticos e econômicos sobre os quais não discutiremos. O fato é que, em geral, as licenciaturas em física costumam ter baixa procura, se comparadas com outros cursos, e a localização do curso pode, também, contribuir para o baixo número de alunos ingressantes.

A proposta didática iria ser inserida na disciplina de Física Moderna 1, obrigatória neste curso de licenciatura. Esta disciplina já vem sendo ministrada por vários anos, sempre com uma ementa e proposta didática que chamaremos de ortodoxa. Assim a classificamos pelo fato de ter seu conteúdo apresentado, por anos a fio, de forma predominantemente expositiva, baseada na apresentação dos conceitos físicos já plenamente estabelecidos, que constam nos livros didáticos. Esta disciplina não apresenta em sua ementa ou mesmo nos relatos, tomados informalmente de colegas que já ministraram esta disciplina anteriormente, nenhuma discussão a respeito de contexto histórico, relação com outras áreas do conhecimento e, menos ainda, com alguma aproximação do mundo das artes. O próprio autor desta tese, por lecionar nesta disciplina por dois anos, já conhecia alguns dos principais aspectos de como esta disciplina costuma ser fortemente embasada em seus conteúdos físicos e na resolução de listas de exercícios.

Os conteúdos ministrados são os de Teoria da Relatividade Restrita (TRR), introdução a Teoria da Relatividade Geral (TRG) (discussões apenas conceituais) e introdução a Física Quântica (FQ), partindo da radiação de corpo negro até o modelo de átomo de Bohr. Esta disciplina possui uma continuação, Física Moderna 2, onde se dá continuidade às discussões e se avança para tópicos da Mecânica Quântica. Esta segunda disciplina mencionada não está no escopo de nosso trabalho. Nossa proposta se restringe à Teoria da Relatividade Restrita, que representa uma parte do conteúdo da primeira disciplina mencionada.

11.2 Aspectos gerais dos alunos

Boa parte dos alunos que ingressam no curso são de moradores das cidades vizinhas, alguns são de origem humilde. Pouquíssimos procedem de famílias com nível escolar superior completo. Muitos deles vêm de famílias que trabalham no comércio, na construção civil ou mesmo na produção de roupas, setor importante na região. A

procedência escolar dos alunos, em sua maioria, é da rede pública estadual ou de escolas privadas de menor porte.

É comum entre os alunos ingressantes as deficiências em conhecimentos de matemática ou mesmo de português. Nada extremo, mas que causam algumas dificuldades de progresso nos primeiros períodos da graduação. Já os alunos de Física Moderna 1, normalmente já sanaram as suas deficiências, pois a disciplina está alocada no 6º período e eles já cursaram mais de dois anos de graduação. Assim, eles já estão mais maduros para discussões mais complexas, como as que pretendíamos propor.

A disciplina, normalmente, conta com número reduzido de alunos (algo em torno de 10 alunos) em idade média de 21 anos. Uma peculiaridade da licenciatura do CEFET-RJ de Nova Friburgo é que, em geral, a quantidade de alunos e alunas não é muito discrepante. Ainda é comum se encontrar relatos de outras instituições que, em cursos científicos ou matemáticos, o número de alunos costuma ser muito superior ao de alunas.

11.3 Questões que poderiam ser clareadas com uma pesquisa de campo

Nossa proposta foi idealizada para representar uma forma contextualizada de discutir e estudar os temas da física da Teoria da Relatividade Restrita. Nossa ideia mais básica era estudar os conteúdos fundamentais desta teoria dentro de uma compreensão histórica de como eles ocorreram e, além disso, entender como alguns temas da física podem estar conectados com seu contexto de época. Este tipo de proposta, em uma disciplina obrigatória, com currículo estabelecido e exigências institucionais pré-estabelecidas, apresenta seus próprios desafios a serem vencidos

Mesmo conscientes de que o material que temos são textos que, mais diretamente, foram produzidos para o professor, entendemos que estes não são textos herméticos e muito complexos. Estes textos poderiam ser utilizados diretamente com os alunos de graduação, no entanto, acreditamos que alguns ajustes são, ainda, necessários para que eles cumpram sua função de maneira otimizada. Entretanto, para que essa otimização se dê satisfatoriamente seria imprescindível que alguns elementos gerados empiricamente, durante a atividade educacional, nos mostrassem onde poderíamos melhorar. Os principais desafios a serem solucionados, ou encaminhados para solução, são:

- Qual o nível de profundidade daremos, na prática, aos temas culturais, em cada encontro? Mesmo tendo textos que amparam e, minimamente, definam discussões a serem feitas, não devemos ter a ingenuidade de que conseguiremos discutir tudo o que está presente em nossos textos de referência. Boa parte do que está presente em nossos textos deverá ficar apenas para a leitura e não será, propriamente, discutido a fundo no momento em que as aulas estiverem ocorrendo.
- Como apresentaremos os temas culturais de modo que despertem o interesse e cativem os alunos que, em princípio, não tem estes assuntos como parte das suas perspectivas de vida acadêmica? Não devemos esperar que estes alunos se interessem e se empolguem com as discussões que nos empolgam como pesquisadores e como professores. Assim, devemos encontrar metodologias e formas de apresentar e discutir os temas de modo a torná-los minimamente interessantes.

Por exemplo, como discutir os textos de ficção científica de forma didática e interessante, para envolvermos os alunos nesta literatura? Como apresentar e discutir os quadros do Cubismo sem argumentações eruditas que se mostrem vazias e sem sentido para os alunos?

Ou seja, que métodos e artifícios didáticos podemos nos apropriar para tais abordagens, uma vez que adotar o formato meramente expositivo e pouco interativo não combina com a dimensão teórica da nossa proposta?

- Qual a profundidade e a quantidade dos conteúdos teórico-matemáticos que podemos manter e o quanto devemos reduzir dos mesmos em nossa proposta? Isso pelo fato de devermos cumprir com as exigências institucionais para a disciplina, ao mesmo tempo que precisamos abrir espaço e reservarmos tempo para os conteúdos histórico-culturais pretendidos.
- A quantidade de textos e assuntos que elencamos para este trabalho são adequados? Os alunos conseguirão dar conta dos textos que entendemos como necessários para esta atividade, somados aos exercícios matemáticos indispensáveis para a disciplina e mais as demandas das outras disciplinas que eles estão cursando, paralelamente à disciplina de física moderna?

É bastante comum que, ao propormos uma atividade para um grupo de alunos ou uma classe, nos atentemos apenas ao que é fundamental para alcançar nossos objetivos com a proposta ao qual nos dispomos. Entretanto, não deveríamos deixar de levar em

conta que este aluno tem outras demandas dentro do mesmo curso e, talvez, o seu baixo rendimento e interação com a nossa proposta possa ser motivado pela complexidade que acrescentamos a sua vida acadêmica.

- A profundidade dos nossos textos? Mesmo já realizando uma Transposição Didática, que estamos entendendo como ainda sendo externa ao ambiente escolar, precisaríamos perceber como os alunos interagem com estes textos, as dificuldades que apresentam ao tentar entendê-los e o tempo de aprendizagem que apresentam nesse processo. A elaboração dos nossos próprios textos fez-se necessária devido à complexidade e extensão dos trabalhos específicos de história da arte e história da ciência que tratam do assunto. A leitura destas fontes, pelos alunos, seria inviável devido a linguagem mais rebuscada, longa e repleta de referências histórico-filosóficas. No entanto, nossos textos podem estar apropriados para dar suporte ao professor de tal disciplina, mas será que não caberia a produção de material didático mais sintético, para resolver alguns dos possíveis problemas que estamos apontando?

Entendemos que um texto que se mostra bastante sintético, sem perder a profundidade necessária para seu tema, é o que publicamos no Caderno Brasileiro de Ensino de Física, (RAPOSO; REIS, 2020). Acreditamos que este artigo seja um bom exemplo de material didático para parte do tema que estamos propondo. Talvez outras sínteses sejam necessárias para adequar a quantidade, extensão e profundidade dos nossos textos com a problemática do tempo hábil para a leitura pelos alunos.

- Como avaliar o andamento das atividades e a evolução dos alunos, em uma proposta com aspectos tão diversos? Os métodos avaliativos tradicionalmente utilizados nas disciplinas de física, certamente, não darão conta de avaliar se a proposta está gerando resultados positivos nos alunos. Vamos entender aqui que os “resultados positivos” aos quais estamos nos referindo não dizem respeito a absorção de conteúdos e capacidade de dar respostas adequadas a perguntas que sejam feitas. Estamos nos referindo a toda uma gama de interações, motivações, compreensão do todo e o despertar para uma visão mais ampla sobre o empreendimento científico.

Todas estas questões deverão ser pensadas na elaboração da atividade empírica. A dinâmica de realização desta atividade empírica e as pesquisas que podem ser efetivadas ao longo do processo educacional poderão gerar respostas para alguns destes questionamentos e conduzir a um produto final mais elaborado.

11.4 Sugestões de outros textos que podem contribuir com a proposta

Escolhemos tratar do contexto histórico-cultural do desenvolvimento do conceito da quarta dimensão entre finais do século XIX e início do século XX, período que apresenta a elaboração de ideias muito caras para a física. A grande qualidade das discussões pretendidas está no fato do tema da quarta dimensão perpassar a cultura de forma abrangente, não se restringindo às discussões no campo exclusivo da física, conforme apresentamos nos capítulos de 6 até 10 desta tese. Entretanto, alguns assuntos não estão, especificamente, contemplados nos nossos textos e podem ser relevantes para a integralização dos estudos sobre a Teoria da Relatividade Restrita.

Vamos, então, sugerir alguns textos de outros autores que podem ser utilizados em alguns momentos do processo didático para discutir determinados elementos e possibilitar que nossos objetivos, apresentados na seção 4.2, possam ser alcançados.

Alguns outros textos que poderiam contribuir com o processo educacional:

(1) MARTINS, Roberto de A. **A Física no final do século XIX: modelos em crise.** Disponível em: <http://www.comciencia.br/dossies-1-72/reportagens/fisica/fisica05.htm> acesso em: 08/03/2020.

Este texto pode ser interessante para uma introdução aos estudos da disciplina. Como ele trata de vários aspectos científicos e tecnológicos do período final do Século XIX, apresentando sucintamente o que já se tinha de conhecimento físico estabelecido e quais eram as dificuldades teóricas ainda sem resposta, o mesmo representa uma introdução interessante à nossa proposta. Além disso, o texto apresenta alguns avanços tecnológicos alcançados pela humanidade naquele momento como, por exemplo: os primeiros submarinos, o dirigível e os trens à vapor.

(2) REIS, U. V. D.; REIS, J. C. Os Conceitos de Espaço e de Tempo Como Protagonistas no Ensino de Física: Um Relato Sobre uma Sequência Didática Com abordagem Histórico-Filosófica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 33, n. 3, p. 744-778, dez 2016.

Já este texto apresenta duas características muito interessantes. Primeiro que, por se tratar de um artigo destinado ao ensino de física, ele apresenta uma experiência didática baseada na abordagem de HFC. Isso é bastante interessante, uma vez que a nossa proposta

está direcionada para estudantes de licenciatura e este contato com um texto que descreve uma experiência didática pode ser inspirador para estes alunos. A outra questão importante, que está mais diretamente ligada ao nosso propósito, é que este texto faz uma análise didática da história dos conceitos de espaço e de tempo. Estas são discussões importantes para que os alunos compreendam como a concepção de espaço-tempo vem romper com as ideias clássicas da mecânica de Newton.

(3) MARTINS, R. O Éter e a Óptica dos Corpos em Movimento: A Teoria de Fresnel e as Tentativas de Detecção do Movimento da Terra, Antes dos Experimentos de Michelson e Morley (1818-1880). **Caderno Brasileiro de Ensino de Física, Florianópolis**, v. 29, n. 1, p. 52-80, abr. 2012

Este texto faz uma discussão a respeito das diversas tentativas de detecção do éter luminífero, antes mesmo do experimento de Michelson e Morley. Com este texto o autor busca desmistificar a importância crucial dada a este experimento na elaboração da Teoria da Relatividade. É um texto bastante interessante para começarmos nossos apontamentos sobre uma ciência que se constrói "a muitas mãos" e que devemos sempre desconfiar dos textos que apresentam experimentos cruciais ou personagens que, isoladamente, mudaram os rumos da ciência.

(4) GALISON, P. Os Relógios de Einstein: o lugar do tempo. **Revista Ciência e Ambiente**, Rio de Janeiro, 30, 2005. 7-34.

Este é um excelente texto que apresenta o contexto social em que Einstein estava imerso na Europa do início do Século XX. Seu autor mostra como existe um ambiente intelectual e tecno-científico em torno da questão da sincronização de relógios e dos aparatos eletromagnéticos nessa época. Ele também discute o trabalho de Lorentz e Poincaré em torno da questão das medidas de longitudes geográficas determinadas por relógios eletromagnéticos. Por sinal, existia uma grande produção de diferentes aparatos eletromagnéticos que tentavam dar conta dos problemas das medidas de tempo em diferentes localidades. A própria família de Einstein chegou a possuir uma oficina para desenvolvimento de tais aparatos. Desta forma, este é um texto que dialoga perfeitamente com nossos objetivos de apresentar uma ciência imersa em seu tempo.

(5) MARTINS, R., A Relação massa-energia e energia potencial. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, V.6, Número Especial, págs 56-80, jun 1989.

Neste texto o autor faz uma discussão sobre os estudos do conceito de massa e energia que ocorreu na física do final do século XIX e início do Século XX que, independentes do trabalho de Einstein, já percebiam a questão da variação da massa em elétrons com velocidades elevadas e teorizavam sobre a energia nessas interações. Ele discute como outros físicos da época já trabalhavam com os fenômenos relativos à relação massa energia e a massa variável de elétrons em movimento. Ou seja, este é mais um texto que pode dialogar com as questões de NdC que propusemos.

Estes textos podem completar o material de leitura a ser utilizado em nossa proposta didática. Eles teriam seus momentos mais apropriados para uso, quando utilizados para introduzir e amparar as discussões que já dialogam, ou seja. O texto (1) seria apropriado para uma introdução, talvez a primeira aula da disciplina. O texto (2) poderia ser logo em seguida utilizado, para discutir os entendimentos clássicos sobre espaço e sobre tempo. O texto (3) poderia vir na sequência dos anteriores, para introduzir o experimento de Michaelson e Morley e conduzir ao estado das coisas promovido pela incerteza gerada pela não detecção do éter. O texto (4) poderia introduzir a Teoria da Relatividade Restrita e seus postulados. Aqui, talvez pudessem entrar todas as nossas discussões específicas, presentes em nossos textos. Poderíamos fechar com o texto sobre energia relativística. Entretanto, outras configurações também podem ser viáveis. Talvez os nossos textos sobre filosofia do Hiperespaço possam ser utilizados no meio dos estudos de espaço-tempo, quando já estivermos apresentando a TRR e suas consequências físicas. Devemos analisar se os textos de ficção científica ficariam mais interessantes antes de todas as discussões relativísticas ou não. Deveremos analisar se os nossos textos mais culturais, como o que trata do Cubismo, não seriam mais apropriados para o fechamento da disciplina.

É importante ressaltar que não estamos apontando uma sequência didática com o parágrafo anterior. Estamos apenas ponderando sobre uma das muitas possibilidades de utilização dos textos complementares, produzidos por outros autores. Estamos também apenas ensaiando as possibilidades de uso dos nossos próprios textos.

CONSIDERAÇÕES

Após todas as discussões desenvolvidas ao longo desta tese, algumas ideias foram ficando mais consistentes em nossos entendimentos sobre a temática de ciência e arte para o ensino de ciências. Com os estudos de *estado da arte* realizados sobre abordagens com esse viés, foi possível perceber o quanto a área de ciência e arte no ensino ainda carece de maiores estudos teóricos que, minimamente, embasem esta perspectiva para o ensino. Nas pesquisas que realizamos no capítulo 1, não nos deparamos com nenhum estudo mais detalhado que buscasse bases consistentes para as perspectivas de ciência e arte no ensino de ciências. Diferentemente da área de HFC, que já apresenta sólidos estudos que embasam as propostas com este viés, a área de ciência e arte ainda se encontram poucos estudos teóricos que deem sustentação e maior coesão aos diferentes modos de tratar tal temática.

Conforme foi possível verificar, ainda no capítulo 1 desta tese, pudemos perceber que uma parcela considerável das propostas didáticas baseadas em ciência e arte representa apropriações de vertentes das artes como metodologia de ensino ou artefatos didáticos para o ensino de conteúdos curriculares. Outra parcela importante de trabalhos apresenta as artes como meios para se alcançar os alunos e promover discussões distintas das especificamente científicas. Nessas propostas em que o foco do trabalho não é a mera utilização desse binômio como metodologia de ensino, aquela que o objetivo da proposta não é a facilitação do aprendizado dos conteúdos disciplinares, percebemos interessantes atividades focadas na formação sociocultural dos alunos, buscando a interação social, o senso crítico e as discussões relativas às questões políticas e de gênero.

Aceitamos como sendo bastante válidas as atividades artísticas e a própria arte como elemento que contribui para o ensino das ciências e, também, para possibilitar discussões mais amplas e importantes para a vida em sociedade e para questões existenciais. No entanto, estas formas ainda representam apropriações das artes para outros fins. O que viemos propor com esta tese é que as artes deveriam fazer parte dos conhecimentos importantes de serem discutidos nas salas de aula de ciências.

Entendemos que as artes representam elementos importantes ao entendimento do contexto cultural ao qual o conhecimento humano se desenvolveu. Como foi possível perceber ao longo dos capítulos de 6 até 10 deste trabalho, em muitos momentos da

história, a arte e a ciência representaram formas de compreender, expressar e intervir no contexto cultural e na concepção de mundo de determinada época. Por muitas vezes, ciência e arte se apropriaram e buscaram dar conta de questões muito próximas, ou até mesmo da mesma temática, procurando entender e representar fenômenos e problemas que acabaram por impactar a sociedade. Isso ficou bastante patente nos nossos estudos a respeito da ideia de quarta dimensão e como a construção de diferentes conceitos para esta ideia impactaram a cultura.

Dentro desta concepção, de que áreas distintas buscaram dar respostas a questões que inquietavam a sociedade em determinada época, encontramos um conceito filosófico que nos impactou fortemente. O conceito de "espírito do tempo" ou "espírito de época", Zeitgeist, presente no trabalho do filósofo Georg Wilhelm Friedrich Hegel (1770-1830), nos pareceu perfeito para nossa busca por uma conexão clara entre as diferentes áreas da cultura. Conforme discutimos na seção 3.3 e reafirmamos na seção 4.1, onde fizemos uma síntese de nossa compreensão sobre este assunto e os nossos demais referenciais teóricos, o conceito de Zeitgeist combina perfeitamente com nossa concepção de que ciência e arte são elementos inseridos em seu tempo, pertencentes a um contexto histórico e representam vertentes da cultura.

Como foi discutido, Hegel acreditava ser impossível ao ser humano alcançar verdades eternas e imutáveis. As "verdades" humanas estão diretamente vinculadas ao momento e ao contexto histórico de uma época. Para Hegel, o Zeitgeist representa um tipo de consciência coletiva específica de determinado contexto histórico-cultural. Em nosso entendimento, talvez possamos dizer que o conceito de Zeitgeist pode representar a ponte que conecta as Duas Culturas de Snow (1995) e o meio pelo qual podemos entender a ciência, no caso a física, como parte da cultura, defendido por Zanetic (1989).

Outro aspecto importante diz respeito ao entendimento de cultura que nos apropriamos para embasar esta tese. Com os estudos realizados para encontrar um conceito de cultura que melhor se adequasse aos nossos objetivos, percebemos como o termo cultura é difícil de conceituar. São muitos os conceitos desenvolvidos pela antropologia, pela sociologia, além dos conceitos particulares que foram surgindo com a apropriação deste termo em diferentes áreas (SEWELL JR., 1999). Fomos assim, conduzidos a concordar com Sewell Jr. (2005) de que a cultura pode ser composta por

um conjunto de elementos que, por vezes, são incoerentes e fracamente delimitados e que as estruturas culturais diversas possuem autonomia apenas relativa.

No ponto de vista deste historiador cultural, a cultura não deve ser conceituada rigidamente como sistema (estrutura) ou como prática social (sociedade) e sim como um complexo dialético formado por ambos os elementos. A análise dos sistemas de símbolos e significados pode ser importante, mas o mais significativo seria o entendimento de como se dá esta articulação de sistema e prática em uma sociedade (SEWELL Jr, 2005).

À luz do conceito de cultura adotado por Sewell Jr (2005), de um complexo dialético de estrutura e de prática social, entendemos que tanto Snow (1995) quanto Zanetic (1989), entendem a ciência e as humanidades/artes como estruturas da sociedade, com seus próprios símbolos e significados e suas próprias práticas. Entretanto, ambos percebem que estas estruturas estão inseridas dentro de um mesmo contexto cultural e que é possível encontrar suas conexões. Seja pelo próprio entendimento da ciência como parte da cultura, assim como as artes, seja pela ideia de ponte entre Duas Culturas, entendemos que o conceito de Zeitgeist, de forma muito apropriada, vem conectar estas áreas dentro de um mesmo contexto cultural.

Todo este imbricamento entre ciência, história, filosofia e arte são extremamente importantes para a compreensão da ciência em seu aspecto mais amplo. Dessa forma, defendemos que os alunos das disciplinas científicas deveriam vivenciar um ambiente de formação intelectual abrangente e que proponha discussões que vão para além dos conhecimentos específicos das disciplinas científicas. Para o caso dos licenciandos é de fundamental importância que eles tenham contato com diversos aspectos da cultura para sua formação como futuros professores. Uma formação que os conectasse com diversos aspectos culturais, além de promover um conhecimento mais consistente sobre o desenvolvimento da ciência que estudam, poderia torná-los mais suscetíveis e preparados para o trabalho criativo do fazer educacional. Assim, "*as licenciaturas em física, ao lado das disciplinas formadoras específicas nos vários ramos da física, têm que se preocupar com a formação cultural em física do futuro professor*" (ZANETIC, 1989, p. 131).

Tendo em vista todos estes estudos e conclusões, nos colocamos o objetivo de colaborar com a área de ciência e arte com um trabalho teórico envolvendo a temática da quarta dimensão em uma proposta de ciência e arte, que se articula dentro do enfoque histórico-cultural. Conforme já mencionado anteriormente, as restrições e dificuldades

impostas pela pandemia de COVID-19 nos levaram a restringir nosso trabalho ao aspecto teórico e não nos aprofundarmos na elaboração de uma atividade empírica, ao menos por enquanto. Assim, mesmo diante destas dificuldades, buscamos estruturar o arcabouço teórico para embasar uma proposta didática com os propósitos mencionados, produzir textos histórico-culturais para dar suporte ao professor que, futuramente, poderá levar a cabo uma prática de sala de aula embasada por esta tese e, ainda, propor algumas ideias, sugestões e apontar questões que poderão ser incorporadas e respondidas quando da realização da mesma.

Para nortear nossas pesquisas e orientar a estruturação do nosso trabalho, levantamos a seguinte questão de tese:

Quais elementos e critérios são importantes e necessários para que consigamos promover uma visão histórico-cultural da ciência em uma disciplina do curso de licenciatura em física?

Como esta questão se mostrou muito ampla, decidimos delinear melhor nosso problema em três subquestões:

1ª - Que critérios são fundamentais para a estruturação de uma proposta didática que verse sobre o conceito de quarta dimensão, de forma científica, histórica e cultural, respeitando os conhecimentos próprios destas áreas e as necessidades didático-pedagógicas?

2ª - Quais textos poderiam ser utilizados nesta proposta, seja pelo professor que for levar a frente as ideias presentes nesta tese, seja pelos alunos da disciplina envolvida nestas discussões?

3ª – Como poderia ser conduzida tal proposta?

Em nossa compreensão, as ponderações a respeito de como nosso embasamento teórico dialoga com nossa proposta, os nossos objetivos/princípios norteadores e a descrição dos critérios historiográficos e de Transposição Didática necessários para a criação do material histórico-cultural, capítulos 4 e 5, responderam de forma satisfatória a 1ª subquestão de tese.

Como resposta à nossa 2ª subquestão de tese, entendemos que todos os textos histórico-culturais que construímos para dar conta dos conteúdos, assuntos e discussões que podem ser travadas na proposta didática desempenharam plenamente sua função de responder a esta subquestão. Estes textos correspondem aos capítulos de 6 até 10,

representam a base histórico-cultural do nosso trabalho e corroboram plenamente com nossa visão de uma ciência inserida em seu tempo e em sua cultura. Eles reforçam a coerência da ideia de Zeitgeist, apresentando como o conceito de quarta dimensão permeou diversas áreas da cultura humana do século XIX e de boa parte do século XX. Estes textos foram elaborados seguido os parâmetros apontados no capítulo 5 e representam bem nossos princípios/objetivos, apresentados no capítulo 4.

Com relação a nossa 3ª subquestão de tese, entendemos que conseguimos atender a mesma, mas não completamente. Isso porque, infelizmente, conseguimos apenas delinear direcionamentos para uma futura prática de sala de aula, embasada por esta tese. Entretanto, acreditamos que ainda assim fornecemos valiosa contribuição para a construção da proposta didática em seu formato prático.

Como resposta para a 3ª subquestão de tese, apresentamos, no capítulo 11, algumas questões que poderiam ser respondidas com a realização de uma pesquisa de campo ao longo da prática de sala de aula sugerida e ajudar a melhorar os textos histórico-culturais que elaboramos. Algumas dúvidas com relação a quantidade de textos e a extensão dos mesmos, mediante ao tempo hábil de leitura que os alunos irão dispor, poderiam nos aproximar de um formato ideal para a nossa proposta.

Por fim, sugerimos ainda alguns textos de apoio, produzidos por outros autores, que podem tornar ainda mais coerente a nossa proposta didática, com relação a toda base teórica que discutimos. Estes textos de apoio se adequam perfeitamente com nossos objetivos e estão plenamente enquadrados dentro dos critérios histórico-epistemológicos e didático-pedagógicos que norteiam nosso trabalho.

Vamos finalizar nossas considerações tentando apresentar um pouco de nossa experiência na busca de assuntos e conteúdos para o viés de ciência e arte em um enfoque histórico-cultural. Não apresentaremos um roteiro sistemático ou coisa parecida, vamos apenas descrever o que nos pareceu funcionar melhor ao produzirmos esta tese.

Na elaboração da presente tese, o nosso ponto de partida foi um tema que permeou todo o restante do trabalho. Isso foi muito significativo para nós, pois nos conduziu ao entendimento de que para trabalhar com ciência e arte de forma coesa, faz-se necessário encontrar um bom tema. Para nós, o conceito de Zeitgeist encaixou como uma luva feita sob medida. A concepção de que existem ideias que representam um “espírito de época” nos pareceu um forte elemento de contextualização para o ensino de ciências. Assim

afirmamos que, encontrar uma ideia, conceito ou temática que tenha sido abordada por diversas vertentes da cultura irá proporcionar um diálogo natural entre diferentes áreas do conhecimento, em sala de aula. Este seria o primeiro passo para se pensar uma proposta didática baseada na relação Ciência e Arte em um contexto histórico-cultural, encontrar um Zeitgeist para o período histórico que se quer tratar. Por exemplo, para a nossa proposta, a quarta dimensão representa um Zeitgeist daquela época, pelo menos em algumas áreas do conhecimento. Outro exemplo poderia ser a ideia de evolução que, durante o século XIX, foi uma ideia presente na biologia, nas ciências sociais, na antropologia, na política, na economia e outras mais. Como terceiro exemplo podemos citar a ideia de quantização e de fragmentação da matéria, que também foi uma ideia que apareceu em diversas áreas da cultura, além da física e também das artes plásticas, em meados do século XX. Assim, as disciplinas e conteúdos programáticos a serem abordados poderão se coagular e se articular em torno de um tema comum, um Zeitgeist.

O segundo passo seria verificar como o tema escolhido aparece nas diferentes áreas da cultura que se quer abordar. Obviamente que esta etapa exigirá o aprofundamento do professor nos conhecimentos relativos às áreas identificadas e no entendimento que estas áreas apresentaram para o tema.

Um terceiro passo seria identificar os objetivos que se quer alcançar para o tema e quais recortes devem ser realizados para a proposta didática. Deve-se ter em mente que, para realizar esses recortes, não se pode perder de vista todas as discussões teóricas a respeito dos pressupostos historiográficos e pedagógicos para este fim. Outro ponto muito importante nessa etapa seria ter clareza do público-alvo e conhecer suas características. Só assim se pode elencar satisfatoriamente os objetivos alcançáveis e os recortes possíveis para tal trabalho.

Como quarto passo indicamos a estruturação da sequência didática, levantamento dos recursos necessários e identificação dos meios de avaliação da prática que sejam mais coerentes com a proposta.

Como já afirmamos, estas não são etapas a serem seguidas rigorosamente e que garantirão sucesso, são apenas sugestões que se estruturaram em nossa mente e tem relação com a nossa experiência específica. No entanto, estes passos podem ajudar a outros professores a encontrar seus próprios métodos de pesquisa e a elaborar suas propostas pedagógicas.

REFERÊNCIAS

ABBOTT, E. A. **FLATLAND:** A Romance of Many Dimensions. 5ª. ed. New Yourk: Barnes and Noble Books, 1963.

ABD-EL-KHALICK, F.; LEDERMAN, N. G. The influence of history of science courses on students' views of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 37, n. 10, p. 1057-1095, 2000.

ALCANTARA, M. C.; BRAGA; COSTA, M. F. S. Espelhos, Lentes e Pintura: uma proposta de atividade baseada na obra de David Hockney. **A Física na Escola (Online)**, Rio de Janeiro, v. 15, p. 29-34, 2017.

ALLCHIN, D. Pseudohistoinry and Pseudoscience. **Science & Education**, v. 13, p. 179-195, 2004.

ALLCHIN, D. Evaluating knowledge of the nature of (whole) science. **Science Education**, v. 95, n. 3, p. 518-542, 2011.

ALVES FILHO, J. D. P. **Atividades Experimentais: Do método à prática construtivista**. Tese de Doutorado. Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências da Educação. [S.l.]. 2000.

ANTONIOLI, P. D. M. et al. Avaliação das atitudes das duas culturas em relação à aprendizagem da ciência. **Revista iberoamericana de educación**, v. 58, p. 151-166, 2012.

ARCHIBALD, R. C. Time as a fourth dimension. **Bulletin of the American Mathematical Society**, v. 20, n. 8, p. 409-412, 1914.

ARGAN, G. C. **ARTE MODERNA**. 2ª. ed. São Paulo: Companhia das Letras, 2013.

ASIMOV, I. How easy to see the future. **Natural History**, v. 84, n. 4, April 1975.

ASIMOV, I. **O Início e o Fim**. São Paulo: Círculo do Livro, 1977.

BARBOSA-LIMA, M. C.; QUEIROZ, M.; SANTIAGO, R. Ciencia e Arte: Vermeer, Huygens e Leeuwenhoek. **Física na Escola**, Rio de Janeiro, v. 8, n. 2, p. 27-30, 2007.

BLACKLOCK, M. **The Emergence of the Fourth Dimension:** higher spatial thinking in the Fin de Siècle. 1ª. ed. New York: Oxford University Press, 2018.

BLAVATSKY, H. P. **The Secret Doctrine**. London: Theosophical Publishing House, v. 1, 1893.

BLAVATSKY, H. P. **The Key To Theosophy**. London: The Theosophy Company (Índia), ltd, 1948.

BONOLA, R. **Non-Euclidean Geometry:** A Critical and Historical Study of its Development. Tradução de H. S. Carslaw. New Yourk: Dover Books, 1955.

BRAGA, M.; GUERRA, A.; REIS, J. C. History of science, physics, and art: a complex approach in Brazilian syllabuses. **Cultural Studies of Science Education**, v. 8, n. 3, p. 725-736, 2013.

BRAGDON, C. **A Primer of Higher Space (The tourth D imension)**. Rochester, New York: Manas Press, 1913.

BRAGDON, C. **Projective Ornament**. Rochester, N.Y.: Manas Press, 1915.

BRAGDON, C. F. **Man the Square:** a Higher Space Parable. Rochester, N.Y.: Manas Press, 1912.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional, Lei no 9.394**. [S.l.], p. 20 de dezembro de. 1996.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais para o. Ensino Fundamental.** Brasília, MEC/SEF. ed. [S.l.]: [s.n.], 2000.

BRASIL. **Ministério da Educação-Secretaria de educação Médio e Tecnológico, PCN+ Ensino Médio, Matemática e Suas Tecnologias**. Brasília: MEC, SEMANTEC, 2002.

BROCKINGTON, G. **A Realidade Escondida: a dualidade onda-partícula para alunos do Ensino Médio**. Dissertação de Mestrado, Pós-graduação em ensino de Ciências–USP. São Paulo. 2005.

BURCH, G. B. The Philosophy of P. D. Ouspensky. **The Review of Metaphysics**, v. 5, n. 2, p. 247-268, 1951. Disponivel em: <www.jstor.org/stable/20123259>.

BURKE, P. **Uma história social do conhecimento:** de Gutenberg a Diderot. Rio de Janeiro: Zahar, 2003.

BURKE, P. **O que é história cultural?** Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2008.

CACHAPUZ, A. F. Arte e Ciência no Ensino das Ciências. **Interacções**, v. 10, n. 31, 2014.

CAMPOS, L. C. B. D. **Kant e a Geometria**. Dissertação (Mestrado em Filosofia) - Universidade de Campinas, Institutlo de Filosofia e Ciências Humanas. Campinas, S. P., p. 116. 2016.

CARAÇA, B. J. **Conceitos Fundamentais da Matemática**. Lisboa: Gradiva, 2000.

CARMO, D. A. R. D. Diálogo Entre Ciência e Arte.Educação Não-formal. **Ciência e Cultura**, Rio de Janeiro, v. 57, p. 36-37, outubro/dezembro 2005.

CARROLL, L. **Alice:** As Aventuras de Alice no País das Mravilhas e Através do Espelho. comentada. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2002.

CHEVALLARD, Y. **La Transposición Didáctica:** Del Saber Sabio al Saber Enseñado. Buenos Aires: Aique, 1991.

DEBUS, A. G. A Ciência e as Humanidades: a função renovadora da indagação histórica. **Revista da Sociedade Brasileira de História da Ciência**, v. 5, p. 3-13, 1991.

DODGSON, C. L. **The Dynamics of a Parti-cle**. Oxford: JAMES PARKER AND CO., 1874. Disponivel em: <https://en.wikisource.org/w/index.php?title=The_Dynamics_of_a_Parti-cle&oldid=8881220>. Acesso em: 18 jan. 2020.

DOSTOIÉVSKI, F. **Os irmãos Karamázov.** São Paulo: Abril Cultural, v. OS IMORTAIS DA LITERATURA UNIVERSAL., 1970.

EDGERTON JR, S. Y. **The Heritage of Giotto's Geometry:** Art and Science on the Eve of the Scientific Revolution. New York: Cornell University Press., 1993.

EL-HANI, C. N. Notas Sobre o Ensino de História e Filosofia da Ciência na Educação Científica de Nível Superior. In: SILVA, C. C. **Estudos de História e Filosofia das Ciências:** subsídios para aplicação no ensino. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2006. p. 3-21.

EUCLIDES. **Os Elementos**. Tradução de Irineu Bicudo. São Paulo: Editora UNESP, 2009.

EVES, H. **Tópicos de História da Matemática para uso em sala de aula. Geometria.** São Paulo: Atual, v. 3, 1992.

EWALD, W. **From Kant to Hilbert:** A Source Book in the Foundations of Mathematics. New York: Oxford University Press Inc., v. 1, 1999.

FIGUEIRA-OLIVEIRA, D. et al. **Ciência e Arte:** uma proposta de aprendizagem no âmbito do ensino de biociências e saúde. VI Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências. Florianópolis, Santa Catarina.: [s.n.]. 2007.

FORATO, T. C. D. M.; PIETROCOLA, M.; MARTINS, R. A. Historiografia e Natureza da Ciência na Sala de Aula. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 28, n. 1, p. 27-59, 2011.

FORATO, T. C. M.; BRAGA, M.; GUERRA, A. Historiadores das Ciências e Educadores: frutíferas parcerias para um ensino de ciências reflexivo e crítico. **Revista Brasileira de História da Ciência**, v. 7, n. 21, p. 137-141, 2014.

FORATO, T. C. M.; MARTINS, R. D. A.; PIETROCOLA, M. **Prescrições Historiográficas e Saberes Escolares:** Alguns Desafios e Riscos. VII ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências. Florianópolis: [s.n.]. 2009.

FRIEDMAN, M. Kant's Theory of Geometry. **The Philosophical Review**, v. 94, no. 4. JSTOR, p. 455–506, 1985.

GABRIEL, C. T. A. Usos e Abusos do Conceito de Transposição Didática: considerações a partir do campo disciplinar de História. **Anais do IV Seminário Perspectivas do Ensino de História**, Ouro Preto, 2001.

GALISON, P. L. Minkowski's Space-Time: From Visual Thinking to the Absolute World. **Historical Studies in the Physical Sciences**, v. 10, p. 85-212, 1979.

GIL PÉREZ, D. et al. Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Ciência & Educação**, v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

GOMBRICH, E. H. **A história da arte**. Tradução de Álvaro Cabral. 16ª. ed. Rio de Janeiro: LTR–Livros Técnicos e Científicos Editora SA, 1999.

GOODRICK-CLARKE, N. **The Western Esoteric Traditions:** A Historical Introduction. New York: Oxford University Press, 2008.

GREENBERG, M. J. **Euclidean and non-Euclidean geometries:** Development and history. 3ª. ed. New York: W. H. Freeman and Company, 1994.

GUERRA, A.; BRAGA, M.; REIS, J. C. A Interdisciplinaridade no Ensino das Ciências a Partir de uma Perspectiva Histórico-filosófica. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 15, n. 1, p. 32-46, janeiro 1998.

GUERRA, A.; BRAGA, M.; REIS, J. C. Física e Arte: uma proposta para a compreensão cultural da ciência. **Enseñanza de las ciencias: revista de investigación y experiencias didácticas**, v. Extra, p. 1763-1766, 2009.

GUERRA, A.; REIS, J. C.; BRAGA, M. **Bohr e a Interpretação Quântica da Natureza**. São Paulo: Atual, 2005. (Série Ciência no Tempo).

GUERRA, A.; REIS, J. C.; BRAGA, M. Abordagem Cultural da Física: Discussão Sobre o Uso de Linguagens Diferenciadas no Ensino de Ciências. **Enseñanza de las Ciencias**, 2013. 1686-1690.

GUERRA, A.; REIS, J. C.; BRAGA, M. A. B. Tempo, Espaço e Simultaneidade: Uma Questão para os Ciêntistas, Artistas, Engenheiros e Matemáticos no Séculos XIX. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 27, n. 3, p. 568-583, 2010.

HACKING, I. **Representing and Intervening:** Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

HENDERSON, L. D. X Rays and The Quest for Invisible Reality in the Art of Kupka, Duchamp, and the Cubists. **Art Journal**, v. 47, n. 4, Revising Cubism, p. 323-340, winter 1988.

HENDERSON, L. D. **The Fourth Dimension and Non-Euclidean Geometry in Modern Art**. Revised edition. ed. Cambridge, Massachusetts, London, England: The MIT Press, 2013.

HERBERT, R. L. Introdução. In: HERBERT, R. L. **Modern Artists on Art:** Ten Unabridged Essays. [S.l.]: Courier Corporation, 2000.

HINTON, C. H. **A New Era of Thought.** [S.l.]: S. Sonnenschein & Company, 1888.

HINTON, C. H. **An Episode of Flatland:** Or How a Plane Folk Discovered the Third Dimension; to which is Added an Outline of the History of Unaea. [S.l.]: Swan Sonnenschein., 1907.

HINTON, C. H. **The Fourth Dimension.** Londres: G. Allen & Unwin Ltd, 1912. Disponivel em: <https://archive.org/details/fourthdimension00hintarch/page/n3>. Acesso em: 19 maio 2019.

HOBSBAWM, E. **A Era dos Impérios:** 1875-1914. 13ª. ed. São Paulo: Editora Paz e Terra, 2011C.

HOBSBAWM, E. **A Era das Revoluções:** 1789-1848. 33ª. ed. São Paulo: Editora Paz e Terra, 2014A.

HOBSBAWM, E. **A Era do Capital:** 1848-1875. 22ª. ed. São Paulo: Editora Paz e Terra, 2014B.

JANSON, H. W. **A Nova História da Arte de Janson:** a tradição ocidental. 9ª. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2010.

JAPIASSU, H. **Um Desafio à Educação:** Repensar a Pedagogia Científica. [S.l.]: Letras & Letras, 1999.

JARDINE, N. Whigs and Stories: Herbert Butterfield and the historiography of science. **History of Science [part 2]**, v. 41, n. 132, p. 125-140, June 2003.

JOUFFRET, E. **Traité Élémentaire de Géométrie à Quatre Dimensions et Introduction à la Géométrie à n-dimensions**. Paris: Gauthier-Villars, 1903. Disponivel em: <https://archive.org/details/traitlmentaired00joufgoog/page/n187/mode/2up>. Acesso em: 28 abr. 2020.

KANT, I. **Crítica da Razão Pura**. 4ª. ed. Petrópolis: Vozes, 2018.

KEESING, R. Theories of Culture. **Annual review of anthropology,** n. 3, p. 73-97, 1974.

KUNDLATSCH, A.; SILVEIRA, C.. Interculturalidade e Ensino de Química: considerações sobre uma atividade didática envolvendo a cultura indígena. **Revista Eletrônica Científica Ensino Interdisciplinar**, v. 4, p. 660-679, 2018.

LARAIA, R. D. B. **Cultura:** Um Conceito Antropológico. 24ª. ed. Rio de Janeiro: Zahar, 2009.

LEDERMAN, N. G. E. A. Views of nature of science questionnaire: Toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, v. 39, n. 6, p. 497-521, 2002.

LIMA, N. W. et al. Um Estudo Metalinguístico sobre as Interpretações do Fóton nos Livros Didáticos de Física Aprovados no PNLDEM 2015: Elementos para uma Sociologia Simétrica da Educação em Ciências. **Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências**, v. 1, p. 331-364, 2018.

LITTLE, S. **Ismos:** Para Entender a Arte. 1ª. ed. São Paulo: Globo, 2010.

MANNING, H. P. **Geometry of Four Dimensions**. New Yourk: The Macmillan Company, 1914. Disponivel em: <https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.524482/page/n247/mode/2up>. Acesso em: 2019 jun. 10.

MANNING, H. P. **The Fourth Dimension Simply Explained.** Mineola, New York: Dover Publications, Inc., 2005.

MARTINS, A. F. P. história e filosofia da ciência no Ensino: há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 24, n. 1, p. 112-131, Abr 2007.

MARTINS, A. F. P. História, Filosofia, Ensino de Ciências e Formação de Professores: desafios, obstáculos e possibilidades. **Revista Educação: Teoria e Prática**, Rio Claro/São Paulo, v. 22, n. 40, p. 5-25, Maio-Agosto 2012.

MARTINS, L. A.-C. P. História da Ciência: Objetos, Métodos e Problemas. **Ciência & Educação**, 11, n. 2, 2005A. 305-317.

MARTINS, R. A. Como Distorcer a Física: Considerações Sobre um Exemplo de Divulgação Científica 2-Física Moderna. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 15, n. 3, p. 265-300, 1998.

MARTINS, R. D. A. Ciência Versus Historiografia: os diferentes níveis discursivos nas obras sobre história da ciência. In: ALFONSO-GOLDFARB, A. M.; BELTRAN, M. H. R. **Escrevendo a História da Ciência:** tendências, propostas e discussões historiográficas. São Paulo: Livraria da Física, 2004. p. 115-145.

MARTINS, R. D. A. **A Orígem Histórica da Relatividade Especial**. São Paulo: Editora Livraria da Física, 2015.

MATHIAS, D. O Darwinismo na Concepção Espacial de The Time Machine de Hg Wells. **Revista Estudos Anglo-Americanos**, v. 40, p. 48-65, 2013.

MATTHEWS, M. História, Filosofia e Ensino de Ciências: a Tendência Atual de Reaproximação. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 12, n. 3, p. 164-214, jan 1995.

MCCOMAS, W.; ALMAZROA, H.; CLOUGH, M. P. The nature of science in science education: an introduction. **Science & Education**, v. 7], p. 511-532, 1998.

MEDINA, M.; BRAGA BARBOSA, M. Oxigênio: uma experiência educacional de história e filosofia da ciência no teatro. **Enseñanza de las ciencias**, Madri, v. Núm. Extra, p. 317-321, 2009.

MILLER, A. I. **Albert Einstein's Special Theory of Relativity:** Emergence (1905) and Early Interpretation (1905–1911). New York: Springer-Verlag New York, 1998.

MINKOWSKI, H. **Space and Time:** Minkowski's papers on relativity. Montreal: Minkowski Institute Press, 2012.

MOREIRA, L. M.; NASCIMENTO, A. S. D.; SOUZA, L. N. N. D. Ciência, Opressão e Teatro: um caso de pesquisa educacional baseada em artes. **ALEXANDRIA (UFSC)**, v. 12, p. 325-348, 2019.

MORIN, E. **Ciência Com Consciencia**. 2. ed. Rio de Janeiro: Berhand, 1998.

MOURA, C. B. D. Química & Arte: Explorando Caminhos Criativos em um Projeto com Estudantes de Ensino Médio. **Revista Debates em Ensino de Química**, v. 4, n. 2 (esp), p. 118-132, 2018.

MOURA, C. B.; GUERRA, A. Reflexões sobre o processo de construção da ciência na disciplina de química: um estudo de caso a partir da história dos modelos atômicos. **Revista Electrónica de Investigación em educación em ciencias**, v. 11, n. 2, p. 64-77, dez. 2016.

MOURA, C.; CAMEL, T.; GUERRA, A. A Natureza da Ciência Pelas Lentes do Currículo: Normatividade Curricular, Contextualização e os Sentidos de Ensinar Sobre Ciências. **Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências**, Belo Horizonte, v. 22, 2020.

OLIVEIRA, J. B. D.; JUNIOR, O. F. Uma conversa com Gerald Holton. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 23, n. 3, p. 315-328, set. 2008.

OLIVEIRA, R. D. V. L.; QUEIROZ, G. R. P. C. **Educação em Ciência e Direitos Humanos:** reflexão-ação em/para uma sociedade plural. Rio de Janeiro: Multifoco, 2013.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. **Tópicos de Física Contemporánea na Escola Média Brasileira:** um estudo com técnica Delphi. Encontro de Pesquisa em Ensino de Física. FlorianópolisUFSC: [s.n.]. 1998.

OSTROWER, F. **Universo da Arte**. 10ª. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1996.

OSTROWER, F. **A Sensibilidade do Intelecto**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

OUSPENSKY, P. D. **Tertium Organum**. 2ª. ed. New York: Manas Press, 1922.

PEREIRA, A. P. D.; OSTERMANN, F. Sobre o ensino de Física Moderna e Contemporânea: uma revisão da produção acadêmica recente. **Investigações em Ensino de Ciências (Online)**, v. 14, p. 393-420, 2009.

RAPOSO, W. L.; REIS, J. C. A Cultura da Quarta Dimensão no Final do Século XIX e Início do Século XX: um conceito para além do espaço-tempo de Einstein-Minkowski. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 37, n. 2, p. 494-530, 2020.

REALE, G.; ANTISERI, D. **História da Filosofia - Do Romantismo ao Empiriocriticismo**. 2. ed. São Paulo: Paulus, v. 5, 2005.

REICHENBACH, H. **The philosophy of space and time.** New York: Dover Publications, Inc., 1958.

REIS, J. C. **Diálogos Interdisciplinares: Relações Entre Física e Pintura na Virada do Século XIX para o XX. (Tese de Doutorado)**. COPPE/UFRJ. Rio de Janeiro. 2002.

REIS, J. C.; GUERRA, A.; BRAGA, M. Ciência e arte: relações improváveis? **História, Ciências, Saúde–Manguinhos**, v. 13, p. 71-87, 2006.

ROCHA, M. V. Geometria Hiperbólica: uma proposta didática a distância: Elementos de Euclides. **PUC-SP**, 2008. Disponivel em: <https://www.pucsp.br/pensamentomatematico/GH/H_2.htm>. Acesso em: 31 jul. 2019. Página virtual que compõe a dissertação de mestrado UMA PROPOSTA DE ENSINO A DISTÂNCIA PARA O APRENDIZADO DA GEOMETRIA HIPERBÓLICA.

ROQUE, T. **História da Matemática:** Uma Visão Crítica, Desfazendo Mito e Lendas. Rio de Janeiro: Zahar, 2012.

ROQUE, T.; CARVALHO, J. B. P. **Tópicos de História da Matemática**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Matemática, 2012. Coleção PROFMAT.

ROSA, D. W. . L. I. R. ALTERIDADE E IDENTIDADE CULTURAL NA PÓS-MODERNIDADE. **Anuário Pesquisa E Extensão Unoesc Joaçaba**, n. ,2, e13065., 2017.

ROSENFELD, B. A. **A History of Non-Euclidean Geometry:** Evolution of the Concept of a geometric space. Tradução de Trad. Abe Shenitzer. New York: Springer-Verlag, 1988.

ROSSI, P. Coisas Jamais Vistas. In: ROSSI, P. (. **O Nascimento da Ciência Moderna na Europa.** São Paulo: EDUSC, 2001.

RUSSELL, B. **The Problem of Philosophy**. London: Oxford University Press, 1912. Disponivel em: <https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.188642/page/n13/mode/2up>. Acesso em: 12 ago. 2020.

RUSSELL, B. **History of western philosophy**. London: Routledge Classics; Routledge, 2004.

SCHMIEDECKE, W. G.; PORTO, P. A. Uma Abordagem da História da Energia Nuclear para a Formação de Professores de Física. **Revista Brasileira de História da Ciência**, Rio de Janeiro, 7, n. 2, 2014. 232-241.

SCOTT, W. Minkowski's Modern World. **Minkowski Space-time: A Hundred Years Later**, 2010. 43-61.

SEWELL JR, W. H. The Concept(s) of Culture. In: SPIEGEL, G. M. (.). **Practicing History:** New Directions in Historical Writing After the Linguistic Turn. Nova York: Psychology Press, 2005. p. 76-95.

SEWELL JR., W. H. The Concept(s) of Culture. In: BIERNACKI, R. E. A. **Beyond the Cultural Turn:** New Directions in the Study of Society and Culture. [S.l.]: University of California Press, 1999. p. 35-61.

SHLAIN, L. **Art & Physics:** Parallel Visions in Space, Time & Light. New York: Quill William Morrow, 1991.

SILVA, A. D. S.; REIS, J. C. D. O.; REGO, S. C. R. Publicações sobre o ensino de Física Moderna: relações construídas entre Artes e Física. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, Florianópolis, v. 36, n. 2, p. 366-382, ago 2019.

SILVA, A. D. S.; SILVA, L. S. D.; REIS, J. C. D. O. **História da Ciência e da Arte:** um diálogo entre currículos. 4ª Conferência Latino-Americana do International History, Philosophy and Science Teaching Group (IHPST-LA). Santo André: [s.n.]. 2018. p. 228-233.

SILVA, A. P. B. **O desenvolvimento das mecânicas não-euclidianas durante o século XIX.** Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Fisica Gleb Wataghin. Campinas, SP., p. 131. 2006.

SILVA, C. S. A Ludicidade Como Princípio Formativo para Pibidianos em Química no Sarau Ciência & Arte. **Revista Eletrônica Ludus Scientiae**, v. 1, p. 114-125, 2017.

SILVA, M. D. **Física, Arte e Ensino:** uma revisão bibliográfica na Revista Brasileira de Ensino de Física. XXIII Simpósio Nacional de Ensino de Física. Salvador.: [s.n.]. 2019.

SILVEIRA, F. L. D. A Teoria do Conhecimento de Kant: O Idealismo. **Cad. Cat. Ens. Fís.**, Florianópolis, v. 19, n. 36, número especíal, p. 28-51, mar. 2002.

SNOW, C. P. **As duas culturas e uma segunda leitura:** uma versão ampliada das duas culturas e a revolução científica. São Paulo: EDUSP, 1995.

STRINGHAM, W. I. Regular Figures in n-Dimensional Space. **American Journal of Mathematics**, v. 3, n. 1, p. 1-14, 1880. Disponivel em: <https://archive.org/details/jstor-2369441/page/n15/mode/2up>. Acesso em: 27 abr. 2020.

THUILLIER, P. **De Arquimedes a Einstein:** A face oculta da invenção científica. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1994.

TORRETTI, R. **Philosophy of geometry from Riemann to Poincaré.** Dordrech, Holland: D. Reidel Publishing Company, 1984.

TURNER, W. The Wreck of a Transport Ship, 1810. Disponivel em: <https://gulbenkian.pt/museu/en/works_museu/the-wreck-of-a-transport-ship/>. Acesso em: 25 mar. 2021.

VALENTE, W. R. Saber Científico, Saber Escolar e suas Relações: elementos para reflexão sobre a didática. **Revista Diálogo Educacional**, v. 4, n. 10, p. 57-67, jul. 2003.

VIDEIRA, A. A. Einstein e o Eclipse de 1919. **Física na Escola**, v. 6(1), p. 83-87, 2005.

WASHINGTON, P. **O Babuíno de Madame Blavatsky.** Rio de Janeiro: Editora Record, 2000.

WELLS, H. G. The Time Machine. **Project Gutenberg Ebooks. Last Updated:** 14/01/2018, 2018. Disponivel em: <http://www.gutenberg.org/files/57490/57490-h/57490-h.htm>. Acesso em: 08 jan. 2020.

WHITAKER, M. A. B. History and quasi-history in physics education - part 1. **Physics Education**, v. 14, p. 108-112, 1979.

WILDE, O. **O Fantasma de Canterville:** uma novela e três contos. São Paulo: Scipione, 1997.

ZANETIC, J. **Física Também é Cultura**. Tese (Doutorado em educação). Faculdade de Educação. USP. São Paulo, p. 160. 1989.

REFERÊNCIAS DAS PINTURAS

BRAQUE, G. **La Roche-Guyon**, 1909. 1 pintura. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://www.musee-lam.fr/fr/rechercher?query=braque>. Acesso em: 08 ago. 2020.

BRAQUE, G. **Still Life with Tenora**, 1913. 1 pintura. Papel impresso e pintado, carvão, giz e lápis sobre tela. Disponivel em: <https://www.moma.org/collection/works/38330?sov_referrer=artist&artist_id=744&page=1 >. Acesso em: 09 ago. 2020.

DALÍ, S. **The Persistence of Memory**, 1931. 1 pintura. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://www.moma.org/collection/works/79018 >. Acesso em: 09 ago. 2020.

DALÍ, S. **Galatea de las esferas**, 1952. 1 pintura. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://www.salvador-dali.org/es/obra/coleccion/131/galatea-de-las-esferas >. Acesso em: 09 ago. 2020.

DALÍ, S. **Crucifixion (Corpus Hypercubus)**, 1954. 1 pintura. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://www.metmuseum.org/art/collection/search/488880 >. Acesso em: 09 ago. 2020.

MAGRITTE, R. **The False Mirror**, 1928. 1 pintura. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://www.moma.org/collection/works/78938 >. Acesso em: 09 ago. 2020.

PICASSO, P. **Les Demoiselles d'Avignon**, 1907. 1 pintura. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://www.moma.org/collection/works/79766 >. Acesso em: 07 ago. 2020.

PICASSO, P. **Girl with a Mandolin (Fanny Tellier)**, 1910. 1 pintura. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://www.moma.org/collection/works/80430 >. Acesso em: 08 ago. 2020.

PICASSO, P. **Portrait of Ambroise Vollard**, 1910. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://pushkinmuseum.art/data/fonds/europe_and_america/j/1001_2000/zh_3401/index.php?lang=ru>. Acesso em: 07 ago. 2020.

PICASSO, P. **Violin and Grapes**, 1912. 1 pintura. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://www.moma.org/collection/works/78578 >. Acesso em: 09 ago. 2020.

APÊNDICE A - Artigos pesquisados no *Ensenãnza de las Ciencias*

Nº	Artigos pesquisados na Revista/Congresso Ensenãnza de las Ciencias
1	Almeida da Silva, Antonio; Rodrigues de Amorim, Antonio Carlos; Trópia Barreto de Andrade, Guilherme. Ecologias parasitas na arte: encontros (im)possíveis entre deleuze e michel serres. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 5637-5643. <https://ddd.uab.cat/record/182698>. Consultado em: 31/12/ 2020.
2	Almeida da Silva, Antonio; Rodrigues de Amorim, Antonio Carlos; Trópia Barreto de Andrade, Guilherme. Práticas alternativas na ciência, (des)objetos, vidas inúteis e devires animais na arte. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 5035-5040. <https://ddd.uab.cat/record/183277>. Consultado em: 31/12/ 2020.
3	Amauro, Nicea; Moreira, Patricia; Vitor, Paulo; et al. O papel do teatro enquanto ferramenta para o processo de ensino-aprendizagem de química. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2013, p. 154-159. <https://ddd.uab.cat/record/175050>. Consultado em: 31/12/ 2020.
4	Amorim, Nádia Ribeiro; Leite, Sidnei Quezada Meireles; Terra, Vilma Reis. Cineclube na escola para promover alfabetização científica: debates sobre ciência, tecnologia, sociedade e ambiente à luz da pedagogia histórico-crítica. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2013, p. 2889-2894. <https://ddd.uab.cat/record/175549>. Consultado em: 31/12/ 2020.
5	Andrade Lotero, Luis Alejandro. Si Galileo Galilei hubiera tenido una cámara digital: enseñando ciencias a una generación digital. **Enseñanza de las ciencias**, Vol. 32, Núm. 1. 2014, p. 243-261. DOI 10.5565/rev/ensciencias.998 <https://ddd.uab.cat/record/116595>. Consultado em: 31/12/ 2020.
6	Bastos, Wagner Gonçalves; Filho, Luiz Augusto Coimbra de Rezende; Pastor, Américo de Araujo. A produção de vídeo educativo por alunos da licenciatura em biologia: um estudo sobre recepção fílmica e modos de leitura. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2013, p. 333-337. <https://ddd.uab.cat/record/175168>. Consultado em: 31/12/ 2020.
7	Boer, Noemi; Bittencourt dos Santos, Cristiano. Ensino, meio Ambiente e teatro-educação: narrativas de uma dramaturgia elaborada com estudantes da educação básica. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 3163-3168. <https://ddd.uab.cat/record/184001>. Consultado em: 31/12/ 2020.
8	Cardoso Mendes, A.; Costa, N. Uma perspectiva multidimensional na formação de professores para o ensino da fisica moderna e contemporanea. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2009, p. 2738-2744. <https://ddd.uab.cat/record/130982>. Consultado em: 31/12/ 2020.
9	Carneiro de Araujo, Genira; da Silva Santos, Bruna Rosa; Ferreira Requião Silva, Emmanuelle. Uma história em quadrinhos para ensino e aprendizagem do conteúdo princípio de le chatelier: uma proposta didática aplicada interligando a leitura e a teatralidade. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 5111-5116. <https://ddd.uab.cat/record/183250>. Consultado em: 31/12/ 2020.

10	Carvalho, Wanderley; Guazzelli, Iara R.B. A Educação biológica frente à cultura globalizada. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2005, p. 1-4. <https://ddd.uab.cat/record/68121>. Consultado em: 31/12/2020.
11	Chaves Nogueira, S. O currículo midiático na formação de professores de Biologia. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2009, p. 1361-1364. <https://ddd.uab.cat/record/129772>. Consultado em: 31/12/ 2020.
12	Cid Castro, M.; Balça, A. Uma proposta de intervenção pedagógica no âmbito da educação alimentar: pontes com a literatura infantil. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2009, p. 1485-1490. <https://ddd.uab.cat/record/129805>. Consultado em: 31/12/ 2020.
13	Crochik, Leonardo. A performance no ensino de física. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 843-848. <https://ddd.uab.cat/record/184540>. Consultado em: 31/12/ 2020.
13	Crochik, Leonardo. A performance no ensino de física. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 843-848. <https://ddd.uab.cat/record/184540>. Consultado em: 31/12/ 2020.
14	da Costa, Váldina Gonçalves; Rodrigues, Vânia Cristina da Silva; Bossler, Ana Paula. O uso de técnicas cinematográficas para a produção de vídeos na sala de aula. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2013, p. 1591-1595. <https://ddd.uab.cat/record/175319>. Consultado em: 31/12/ 2020.
15	da Silva Cunha, José Osvaldo; Gomes Catunda de Vasconcelos, Flávia Cristina. Concepções de professores mediante a linguagem explorada em uma tirinha cômica para o Ensino de química. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 4581-4586. <https://ddd.uab.cat/record/183673>. Consultado em: 31/12/ 2020.
16	Da Silva Peron, Thiago; Guerra de Moraes, Andreia. A história cultural da ciência, cinema e o ensino das leis de Newton. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 3809-3814. <https://ddd.uab.cat/record/183825>. Consultado em: 31/12/ 2020.
17	de Freitas, Denise; Prudencio, C. A. Vianna; Bozzinni, I. Estudo de dois museus de ciências brasileiros problematizados a partir da perspectiva CTS e paradigma da complexidade. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2013, p. 973-978. <https://ddd.uab.cat/record/175065>. Consultado em: 31/12/ 2020.
18	Della Volpe, André Luís; Pierrotti de Castro, Flávia; Rodrigues de Miranda, Marcos César; et al. Química e arte para a eternidade: pinturas murais do Egito Antigo como proposta de Ensino de química valorizando a história da ciência. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 3657-3662. <https://ddd.uab.cat/record/183852>. Consultado em: 31/12/ 2020.
19	Dias Cavalcanti, Eduardo Luiz; De Abreu Trajano, Beatriz Alexandre; Barros Nunes, Fernanda; et al. O RPG (Role Playing Game) como Estratégia avaliativa utilizando a Química Forense. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 1759-1764. <https://ddd.uab.cat/record/184367>. Consultado em: 31/12/ 2020.
20	Dos Santos, José Nunes; Fontana Gebara, Maria José. O filme na escola: repercussões de sua utilização nas aulas de ciências. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 4169-4174. <https://ddd.uab.cat/record/183753>. Consultado em: 31/12/ 2020.

21	dos Santos, Neiva Glacimar Almeida; Wisniewski, Rudião Rafael; Nonenmacher, Sandra Elisabet Bazana. Física, Literatura e cotidiano: Transposição Didática da física dos físicos à da sala de aula. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 1147-1152. <https://ddd.uab.cat/record/184494>. Consultado em: 31/12/ 2020.
22	Dos Santos, Taís Conceição; Pereira, Elienae Genésia Corrêa. Oficinas de histórias em quadrinhos como recurso pedagógico no ensino de ciências. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2013, p. 3200-3204. <https://ddd.uab.cat/record/175604>. Consultado em: 31/12/ 2020.
22	Dos Santos, Taís Conceição; Pereira, Elienae Genésia Corrêa. Oficinas de histórias em quadrinhos como recurso pedagógico no ensino de ciências. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2013, p. 3200-3204. <https://ddd.uab.cat/record/175604>. Consultado em: 31/12/ 2020.
23	Eff-Darwich, Antonio; Pallé, Pere Ll.; Rosenberg González, Alfred. Taller de resonancias: una herramienta interdisciplinar para educación primaria. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 5193-5198. <https://ddd.uab.cat/record/183109>. Consultado em: 31/12/ 2020.
24	España Ramos, Enrique; Reis, Pedro. El proyecto We Act como marco para formar ciudadanos competentes a través del activismo colectivo basado en la investigación. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 657-662. <https://ddd.uab.cat/record/184580>. Consultado em: 31/12/ 2020.
25	Ezquerra Martínez, Ángel. Desarrollo audiovisual de contenidos científico-educativos. Vídeo: Las vacas no miran al arco iris». **Enseñanza de las ciencias**, Vol. 28, Núm. 3. 2010, p. 353-366. DOI 10.5565/rev/ec/v28n3.99 <https://ddd.uab.cat/record/64499>. Consultado em: 31/12/ 2020.
26	Fantini, Paola; Grimellini Tomasini, Nella; Levrini, Olivia. L'irriducibile complessità del pensiero scientifico: ostacolo o sfida per la diffusione della cultura scientifica?. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2005, p. 1-5. <https://ddd.uab.cat/record/68304>. Consulta em: 31/12/2020.
27	Fernandes Sartori, A.; Haar, E.; Ramos, E. Os repositórios educacionais como auxiliares do ensino e suas múltiplas linguagens: vídeos. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2009, p. 3213-3217. <https://ddd.uab.cat/record/131107>. Consultado em: 31/12/ 2020.
28	Ferreira de Almeida, L.; Falcão Morais, Eliane Brígida. Cultura, morte e representações de jovens: um estudo em 4 escolas. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2009, p. 3580-3585. <https://ddd.uab.cat/record/131206>. Consultado em: 31/12/2020.
29	Fregolente, Alexandre; Passos, Marinez M.; Arruda, Sergio Mello; et al. O teatro e as suas implicações na aprendizagem científica e na formação docente. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2013, p. 1384-1389. <https://ddd.uab.cat/record/175283>. Consultado em: 31/12/ 2020.
30	García González, Carlos M.; Ramos De Robles, Silvia Lizette. La cultura formativa: una hipótesis alterna en la relacion teoria practica de los futuros docentes de ciencias naturales. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2005, p. 1-5. <https://ddd.uab.cat/record/68360> [Consulta: 31 desembre 2020.
31	García Molina, Rafael; Abril Sánchez, Isabel. Una introducción a la literatura científica. **Enseñanza de las ciencias**, V. 15 n. 1. 1997 p. 73-77. <https://ddd.uab.cat/record/22253>. Consultado em: 31/12/ 2020.

32	Garcia-Torchelsen, Liziane; Rios, Viviani Kwecko. Abordagem metodológica interdisciplinar na educação profissional. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2013, p. 1502-1506. <https://ddd.uab.cat/record/175304>. Consultado em: 31/12/ 2020.
33	Guerra Moraes, A.; Braga Barbosa, M.; Reis Oliveira, J. Física e arte: uma proposta para a compreensão cultural da ciência. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2009, p. 1763-1766. <https://ddd.uab.cat/record/130293>. Consultado em: 31/12/ 2020.
33	Guerra Moraes, A.; Braga Barbosa, M.; Reis Oliveira, J. Física e arte: uma proposta para a compreensão cultural da ciência. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2009, p. 1763-1766. <https://ddd.uab.cat/record/130293>. Consultado em: 31/12/ 2020.
34	Insausti, M. J.; Beltrán, M. T.; Crespo, M. S.; et al. La utilización del vídeo para la enseñanza de conceptos básicos (calor y temperatura). **Enseñanza de las ciencias**, V. 13 n. 2. 1995. p. 193-198. <https://ddd.uab.cat/record/22724>. Consultado em: 31/12/ 2020.
35	Junio, Joaquin Souza; Siqueira, Maxwell. Diálogos existentes entre a ciência e a arte: contribuições do teatro científico na visão dos atores. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2013, p. 3445-3449. <https://ddd.uab.cat/record/175648>. Consultado em: 31/12/ 2020.
35	Junio, Joaquin Souza; Siqueira, Maxwell. Diálogos existentes entre a ciência e a arte: contribuições do teatro científico na visão dos atores. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2013, p. 3445-3449. <https://ddd.uab.cat/record/175648>. Consultado em: 31/12/ 2020.
36	Kamel, Cláudia; De La Rocque, Lúcia. Quadrinhos como recurso didático em tópicos de Biociências e Saúde. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2005. <https://ddd.uab.cat/record/76211>. Consultado em: 31/12/ 2020.
37	Londero, Leandro; Pavan Sorpreso, Thirza. A natureza das ciências na formação de professores de física por meio do drama biográfico "Marie Curie, une femme sur le front". **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 3741-3746. <https://ddd.uab.cat/record/183838>. Consultado em: 31/12/ 2020.
38	Macedo, B.; Gil-Pérez, D.; Vilches, A.; et al. ¿Cómo promover el interés por la cultura científica? una propuesta didáctica fundamentada. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2005, p. 1-4. <https://ddd.uab.cat/record/68179> [Consulta: 31 desembre 2020.
39	Marques Pereira, A.; Fragateiro Branco, C. A Aliança entre a ciência e o teatro no 1º ciclo do ensino básico (ceb) - factor de motivação e emergência de práticas multi e interdisciplinares no 1º ceb. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2009, p. 2303-2307. <https://ddd.uab.cat/record/130491>. Consultado em: 31/12/ 2020.
40	Medina, M.; Braga Barbosa, M. Oxigênio: uma experiência educacional de história e filosofia da ciência no teatro. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2009, p. 317-321. <https://ddd.uab.cat/record/128441>. Consultado em: 31/12/ 2020.
40	Medina, M.; Braga Barbosa, M. Oxigênio: uma experiência educacional de história e filosofia da ciência no teatro. **Enseñanza de las ciencias**, Núm.

	Extra. 2009, p. 317-321. <https://ddd.uab.cat/record/128441>. Consultado em: 31/12/ 2020.
41	Nascimento Gomes, P. A importância do contributo da educação em ciências na promoção de uma cultura de segurança. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2009, p. 3194-3198. <https://ddd.uab.cat/record/131103>. Consultado em: 31/12/ 2020.
42	Oliveira dos Santos, Raphaela; Oliveira Ferreira, Márcio Luiz; Silva Passos, Christian Ricardo; et al. Alfabetização científica usando conceitos de eletroquímica e o meio ambiente a partir de histórias em quadrinhos. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 5347-5354. <https://ddd.uab.cat/record/183006>. Consultado em: 31/12/ 2020.
43	Parrilha da Silva, Josie Agatha; Lais Ducheiko, Letícia; Martins Neto, Luzita Erichsen. A leitura de imagens de Panosky como possibilidade de aproximação entre Arte e Ciência. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 4887-4894. <https://ddd.uab.cat/record/183606>. Consultado em: 31/12/ 2020.
44	Pedrós Pérez, Gerardo; Martínez Jiménez, M. Pilar; Varo Martínez, Marta. La sección de cartas al editor: un planteamiento científico y social en la didáctica de las ciencias. **Enseñanza de las ciencias**, V. 25 n. 2. 2007 p. 195-204. <https://ddd.uab.cat/record/39721>. Consultado em: 31/12/ 2020.
45	Petit Pérez, Mª Francisca. El cine de ciencia ficción en la **enseñanza de las ciencias** en secundaria. **Enseñanza de las ciencias**, Vol. 33 Núm. 1. 2015, p. 267-268. DOI 10.5565/rev/ensciencias.1536 <https://ddd.uab.cat/record/131242>. Consultado em: 31/12/ 2020.
46	Petit Pérez, María Francisca; Solbes Matarredona, Jordi. La ciencia ficción y la **enseñanza de las ciencias**. **Enseñanza de las ciencias**, Vol. 30, Núm. 2. 2012, p. 55-72. DOI 10.5565/rev/ec/v30n2.494 <https://ddd.uab.cat/record/90968>. Consultado em: 31/12/ 2020.
47	Pezzo, Mariana Rodrigues; Marques, Joana B. Varanda; Fabrício, Tárcio Minto. Museus e centros de ciências, mídia e escola: articulações possíveis e necessárias na promoção da cultura científica. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2013, p. 3088-3092. <https://ddd.uab.cat/record/175584>. Consultado em: 31/12/ 2020.
48	Prudêncio, Christiana Andréa Vianna; Dias, Viviane Borges. Proposta de divulgação científica em um contexto não formal: uma experiência de aproximação entre cultura popular e conhecimentos científicos no sul da Bahia. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2013, p. 2838-2842. <https://ddd.uab.cat/record/175540>. Consultado em: 31/12/2020.
49	Quartieri, Marli Teresinha; Giongo, Ieda Maria; Marchi Gonzatti, Sônia Elisa; et al. A cultura escolar e a formação continuada de professores dos anos iniciais do ensino fundamental: desafios, resistências e rupturas. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 2183-2188. <https://ddd.uab.cat/record/184279>. Consultado em: 31/12/ 2020.
50	Quintanilla Gatica, Mario. Los textos de **enseñanza de las ciencias** experimentales como promotores de competencias de pensamiento científico (cpc) en una nueva cultura docente. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2009, p. 3561-3564. <https://ddd.uab.cat/record/131200>. Consultado em: 31/12/2020.

51	Regiani, Anelise Maria; Di Deus, Eduardo. A cultura na química e a química da cultura: contextualizando o ensino de ciências na amazônia acreana. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2013, p. 2963-2966. <https://ddd.uab.cat/record/175562>. Consultado em: 31/12/2020.
52	Reigosa Castro, Carlos Emilio; Jiménez Aleixandre, María Pilar. La cultura científica en la resolución de problemas en el laboratorio. **Enseñanza de las ciencias**, V. 18 N. 2. 2000, p. 275-284. <https://ddd.uab.cat/record/1491>. Consultado em: 31/12/2020.
53	Ribelles Arellano, M. Contribución de la ciencia a la cultura ciudadana: dificultades y perspectivas. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2009, p. 173-176. <https://ddd.uab.cat/record/128405>. Consultado em: 31/12/ 2020.
54	Seroglou, F. (Aristotle University of Thessaloniki. School of Primary Education.). Science and culture in education: a teacher training course. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2009, p. 1037-1040. <https://ddd.uab.cat/record/129616>. Consultado em: 31/12/ 2020.
55	Serra, G.; Arroio, A. O meio ambiente apresentado em filmes de ficcão e documentários. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2009, p. 2797-2802. <https://ddd.uab.cat/record/131018>. Consultado em: 31/12/ 2020.
56	Shiffer Fernandes, H.; Bernardo Da, J.; Queiroz Glória, G.; et al. Física e cultura popular: a poesia do samba na sala de aula. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2009, p. 2930-2936. <https://ddd.uab.cat/record/131048>. Consultado em: 31/12/ 2020.
56	Shiffer Fernandes, H.; Bernardo Da, J.; Queiroz Glória, G.; et al. Física e cultura popular: a poesia do samba na sala de aula. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2009, p. 2930-2936. <https://ddd.uab.cat/record/131048>. Consultado em: 31/12/ 2020.
56	Shiffer Fernandes, H.; Bernardo Da, J.; Queiroz Glória, G.; et al. Física e cultura popular: a poesia do samba na sala de aula. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2009, p. 2930-2936. <https://ddd.uab.cat/record/131048>. Consultado em: 31/12/ 2020.
57	Silva de Antiqueira, Liliane; Costa Machado, Celiane. A arte de escrever e contar minha história: narrativas autobiográficas de professores em formação. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 2719-2724. <https://ddd.uab.cat/record/184101>. Consultado em: 31/12/ 2020.
58	Silva de Oliveira Marques, Ellen; Silva de Oliveira Marques, Cristhel; Silva de Almeida, Daniele; et al. Educação ambiental: uma proposta de reaproveitamento do lixo eletrônico para a produção de arte no IFAM Campus-Itacoatiara. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 3219-3224. <https://ddd.uab.cat/record/183989>. Consultado em: 31/12/ 2020.
59	Silva Junior, Nelson; Danhoni Neves, Marcos César; Nardi, Roberto. A subversão do tempo e do espaço no cinema: uma proposta interdisciplinar para o ensino da física. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 4895-4900. <https://ddd.uab.cat/record/183605>. Consultado em: 31/12/ 2020.
60	Sousa Júnior, Francisco; Silva R. G., Fabiana; Di Souza, Luiz; et al. O teatro científico na formação inicial de professores de Química: experiência do grupo química em cena». **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2013, p.

	3423-3427. <https://ddd.uab.cat/record/175644>. Consultado em: 31/12/ 2020.
61	Souto de Sousa Júnior, Francisco; Gonçalves, Fabiana Roberta; Hussein, Silva; et al. O teatro como estratégia para formação inicial de profesores de química. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 3013-3020. <https://ddd.uab.cat/record/184027>. Consultado em: 31/12/ 2020.
62	Testoni, Leonardo; Brockington, Guilherme; De Azevedo, Maria Nizete; et al. Histórias em Quadrinhos e Argumentações em Aulas de Física. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 1465-1472. <https://ddd.uab.cat/record/184429>. Consultado em: 31/12/ 2020.
62	Testoni, Leonardo; Brockington, Guilherme; De Azevedo, Maria Nizete; et al. Histórias em Quadrinhos e Argumentações em Aulas de Física. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 1465-1472. <https://ddd.uab.cat/record/184429>. Consultado em: 31/12/ 2020.
63	Vasconcelos, Flávia C. G. C. de; Melo, Simone K. S. de; Arroio, Agnaldo; et al. O uso vídeos no ensino de química: análise da temática nas publicações da química nova na escola. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2013, p. 3624-3630. <https://ddd.uab.cat/record/175680>. Consultado em: 31/12/ 2020.
64	Vázquez Manassero, Margarita Ana; Vázquez Alonso, Ángel. Ciencia y arte se encuentran: el caso del telescopio de Galileo. **Enseñanza de las ciencias**, Vol. 35 Núm. 3. 2017, p. 195-215. DOI 10.5565/rev/ensciencias.2224 <https://ddd.uab.cat/record/181972>. Consultado em: 31/12/ 2020.
65	Verrangia, Douglas. Agroecología escolar: identidades y tradiciones en la Catalunya contemporánea. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2017, p. 3105-3110. <https://ddd.uab.cat/record/184012>. Consultado em: 31/12/ 2020.
66	Zimmerman, E. Educação científica: a participação de estudantes da educação básica na cultura científica. **Enseñanza de las ciencias**, Núm. Extra. 2009, p. 242-245. <https://ddd.uab.cat/record/128420>. Consultado em: 31/12/ 2020.

Fonte: Dos autores (2020).

APÊNDICE B - A Geometria Grega e Os Elementos de Euclides

A palavra geometria, *γεωμετρια,* se origina do grego *geo*, terra, e *metrein*, medir; a geometria era originalmente a ciência dirigida à medição da terra. Segundo Greenberg (1994), o historiador grego Heródoto (Séc. V a.C.) creditava aos egípcios a origem da geometria, mas os babilônios, hindus e chineses também possuíam conhecimentos que podemos chamar de geométricos. O que estamos chamando de geometria, nesse período antigo, é o conjunto de procedimentos obtidos por experimentações e analogias, normalmente, direcionados para fins práticos de medição de terra.

De acordo com Roque (2012), nos nove livros de As Histórias de Heródoto, século V a.C., são apresentadas descrições de vários povos antigos. O segundo livro desta coleção é inteiramente consagrado ao Egito e é nele que se encontra a menção à palavra "geometria", relacionada a partilha de terra entre todos os egípcios.

> Como o Nilo, às vezes, cobria parte de um lote, era preciso medir que pedaço de terra o proprietário tinha perdido, com o fim de recalcular o pagamento devido. Conforme Heródoto, essa prática de agrimensura teria dado origem à invenção da geometria, um conhecimento que teria sido importado pelos gregos. (ROQUE, 2012, p. 93)

No entanto, Heródoto não diz nada sobre como a geometria teria chegado à Grécia. Segundo Roque (2012), estudiosos postularam, posteriormente, que teria sido Tales o responsável por tal assimilação da geometria egípcia pelos gregos. Foi Eudemo de Rodes (370-300 a.C) e Proclus (412-485) que ajudaram a construir a ideia de que a geometria egípcia teria evoluído dos métodos diretos para a determinação indireta de medidas inacessíveis. A própria "anedota", sem comprovação histórica, de que Tales teria determinado a altura de uma pirâmide egípcia é atribuída a Proclus (ROQUE, 2012).

Em geral, ao se apresentarem *Os Elementos* (Stoicheía - Στοιχεία) de Euclides, costumam-se atribuir a ele ideias e origens costumeiramente reducionistas e fantasiosas e que, em geral, enquadram-se em três casos: O primeiro representa *Os Elementos* como a culminância do esforço de organização da geometria grega até a época de Euclides, século III a.C.; a segunda representa-o como um novo modo lógico e dedutivo desenvolvido pelos próprios gregos; já a terceira vertente entende que o trabalho de Euclides foi uma resposta às exigências do platonismo, que valorizava a matemática

abstrata e universal. Este último teria motivado a construção do método axiomático-dedutivo de Os Elementos (ROQUE, 2012).

O primeiro ponto de vista apresenta Euclides como uma espécie de mero editor e compilador das obras pré-existentes; A segunda tenta elevar o pensamento grego a um patamar intelectual que se destaca, em meio aos demais povos da antiguidade; já a terceira interpretação leva a crer que a reestruturação da geometria grega decorreria de motivos de cunho filosófico, externos à matemática. Segundo Roque (2012), o desenvolvimento da geometria desde os primórdios egípcios e mesopotâmios até sua culminância em Os Elementos é bastante complexa e mesmo carente de dados históricos em grande parte de suas etapas.

Da mesma forma, muito escassos são os relatos diretos sobre a matemática grega do período de Euclides. As fontes mais antigas datam de uma época posterior a Euclides, como é o caso de Proclus (410-485) e Pappus (290-350 a.C.). Possivelmente esse fator ajudou a construir diversas idealizações e mitos relacionados a ele e a sua obra.

> As narrativas sobre Os Elementos reproduzem, assim, dois mitos, ambos de inspiração platônica: a necessidade de expor a matemática com base no método axiomático-dedutivo e a restrição das construções geométricas às que podem ser realizadas com régua e compasso. O primeiro teve origem, principalmente, com Proclus; e o segundo, com Pappus. Proclus era um filósofo neoplatônico do século V E.C.; Pappus, que viveu no século III E.C., foi um importante comentador dos trabalhos gregos. Ambos estão separados de Euclides por pelo menos quinhentos anos. (ROQUE, 2012, p. 150)

Sobre a vida de Euclides, sabe-se muito pouco; nem mesmo se realmente nasceu em Alexandria. No entanto, há evidências de que seja autor de Os Elementos e de outras obras de matemática, sobre lugares geométricos, cônicas etc. Mas algumas dessas obras se perderam e somente relatos posteriores de sua existência é que chegaram até nós (ROQUE, 2012).

B.1 Os Elementos e o problemático quinto postulado

Os Elementos de Euclides são formados por 13 livros, escritos por volta de 300 a.C., que contêm as bases da geometria e da aritmética. Não se trata de uma espécie de

enciclopédia com um conjunto de provas e demonstrações, mas uma relação de proposições fundamentais das quais se pode deduzir uma infinidade de outras relações.

Um exemplo disso é que não se encontra a prova geométrica de que as três alturas de um triângulo (Ilustração B.1) se encontram em um ponto, mas é possível chegar a esta prova utilizando-se dos outros conceitos mais básicos presentes em Os Elementos (ROQUE; CARVALHO, 2012).

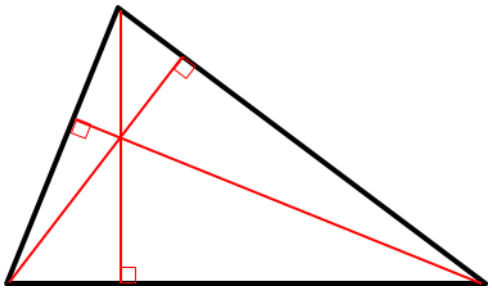


Ilustração B.1 - Ponto de encontro das três alturas de um triângulo.

Fonte: O autor (2020).

Este livro se tornou a base para o desenvolvimento de uma geometria axiomático-dedutiva, estruturada em definições e postulados que servem como referência para o estudo da geometria plana até os dias de hoje (ROQUE; CARVALHO, 2012).

Os Elementos de geometria, escrito em grego, cobre a aritmética, álgebra e geometria conhecida até então e nele, os princípios de geometria foram deduzidos a partir de um pequeno conjunto de postulados e axiomas[1]. No entanto, não se deve crer que toda a matemática Grega está contida nele. O próprio Euclides escreveu outras obras de matemática que continham assuntos diversos dos presentes em Os Elementos.

O conteúdo da obra se divide da seguinte forma: Os livros de I à IV tratam da geometria plana; O livro V trata das magnitudes e proporções; O livro VI de semelhança entre figuras planas; Os livros de VII até IX trata da teoria dos números; O livro X trata dos segmentos incomensuráveis (atualmente identificaríamos como números irracionais);

[1] Em *Os Elementos*, Euclides considera a distinção aristotélica entre postulado e axioma, atualmente não mais empregada. Postulados seriam proposições especificamente geométricas e axiomas às noções gerais, que são comuns às demais ciências. No entanto, ambos são afirmações que não exigem prova, que são evidentes em si mesmas. Para os gregos um discurso lógico era “uma sequência de afirmações obtidas por raciocínio dedutivo a partir de um conjunto aceito de afirmações iniciais”, que deveriam ser explicitadas. (ROCHA, 2008)

Por fim, os livros de XI até XIII tratam da geometria no espaço. Muitos dos resultados descritos por Euclides são anteriores a ele, no entanto sua obra, além de conter resultados originais, apresenta um tratamento sistemático e uniforme de grande mérito, uma única estrutura lógica que serviu de guia a incontáveis matemáticos posteriores (ROQUE; CARVALHO, 2012).

O livro 1 de *Os Elementos* é que apresenta as noções iniciais mais básicas de geometria plana. Ele está baseado em definições, postulados e axiomas (ou noções comuns). Há, ainda, 48 proposições, sujeitas a prova através das definições e dos postulados.

Existem diferentes traduções em que o número de definições, postulados e axiomas variam. Por vezes os tradutores optaram por colocar um postulado como parte das definições ou dos axiomas, conforme o entendimento do próprio tradutor, ou contrair dois ou mais axiomas em um só. Assim, para este trabalho estamos seguindo a versão da obra "Os Elementos" de Euclides, traduzida por Irineu Bicudo[2].

Nessa versão, o livro 1 apresenta 23 definições[3] indispensáveis para o estabelecimento da sua linha de raciocínio dedutiva e 5 postulados fundamentais, que são:

---

[2] EUCLIDES. Os Elementos. Tradução de Irineu Bicudo. São Paulo: Editora UNESP, 2009.

[3] Definições da geometria, livro 1, Os Elementos: 1 - Ponto é aquilo de que nada é parte; 2 - Linha é comprimento sem largura; 3 - Extremidades de uma linha são pontos; 4 - Linha reta é a que está posta por igual com os pontos sobre si mesma; 5 - Superfície é aquilo que tem somente comprimento e largura; 6 - Os lados de uma superfície são linhas; 7 - Superfície plana é a que está posta por igual com retas sobre si mesma; 8 - Ângulo plano é a inclinação, entre elas, de duas linhas no plano, que se tocam e não estão postas sobre uma reta; 9 - Quando as linhas que contêm o ângulo sejam retas, o ângulo é chamado de retilíneo; 10 - Quando uma reta, tendo sido alterada sobre uma reta, faça os ângulos adjacentes iguais, cada um dos ângulos é reto, e a reta que se alteou é chamada uma perpendicular àquela sobre a que se alteou; 11 - Ângulo obtuso é o maior do que um reto; 12 - Agudo, o menor que um reto; 13 - Fronteira é aquilo que é extremidade de alguma coisa. 14 - Figura é o que é contido por alguma ou algumas fronteiras; 15 - Círculo é uma figura plana contida por uma linha [que é chamada circunferência], em relação a qual todas as retas que a encontram [até a circunferência do círculo], a partir de um ponto dos postos no interior da figura, são iguais entre si; 16 - O ponto é chamado de centro do círculo; 17 - Diâmetro do círculo é alguma reta traçada através do centro, e terminando, em cada um dos lados, pela circunferência do círculo, e que corta o círculo em dois; 18 - Semicírculo é a figura contida tanto pelo diâmetro quanto pela circunferência cortada por ele. E centro do semicírculo é o mesmo do círculo. 19 - Figuras retilíneas são as contidas por retas, por um lado, triláteras, e por três, e, por outro lado, quadriláteras, as por quatro, enquanto multiláteras, as contidas por mais do que quatro retas; 20 - Das figuras triláteras, por um lado, triângulo equilátero é o que tem os três lados iguais, e, por outro lado, isósceles, o que tem dois lados iguais, enquanto escaleno, o que tem três lados desiguais; 21 - Ainda das figuras triláteras, por um triângulo retângulo é o que tem um ângulo reto, e, por outro lado, obtusângulo, o que tem um ângulo obtuso, enquanto acutângulo, o que tem três ângulos agudos; 22 - Das figuras quadriláteras, por um lado, quadrado é aquela que é tanto equilátera quanto retangular, e, por outro lado, oblongo, a que, por um lado, é retangular, e, por outro lado, não é equilátera, enquanto losango, e que, por um lado, é equilátera, e, por outro lado, não é retangular, e romboide, a que tem tantos os lados opostos quantos os ângulos opostos iguais entre si, a qual não é equilátera nem retangular; e as quadriláteras, além dessas, sejam chamadas trapézios; 23 - Paralelas são retas que, estão no

1º. Fique postulado traçar uma reta a partir de todo ponto até todo ponto. (Em linguagem moderna: dados dois pontos distintos, há um único segmento de reta que os une);

2º. Também prolongar uma reta limitada, continuamente, sobre uma reta. (Em linguagem moderna: Um segmento de reta pode ser prolongado indefinidamente para construir uma reta);

3º. E, com todo centro e distância, descrever um círculo. (Em linguagem moderna: dados um ponto qualquer e uma distância qualquer, pode-se construir uma circunferência de centro naquele ponto e com raio igual à distância dada);

4º. E serem iguais entre si todos os ângulos retos. (Em linguagem moderna: Todos os ângulos retos são congruentes[4]);

5º. E, caso uma reta, caindo sobre duas retas, faça os ângulos interiores e do mesmo lado menores do que dois retos, sendo prolongadas as duas retas, ilimitadamente, encontrar-se-ão no lado onde estão os menores do que dois retos. (Em linguagem moderna: Se duas linhas são intersectadas por uma terceira linha de tal forma que a soma dos ângulos internos em um lado é menor que dois ângulos retos, então as duas linhas, se forem estendidas indefinidamente, devem se intersectar em algum ponto neste lado. (Postulado das Paralelas) (EUCLIDES, 2009)

Já os axiomas, ou noções comuns, são:

Axioma 1: As coisas iguais[5] à mesma coisa são também iguais entre si.

Axioma 2: Caso sejam adicionadas coisas iguais a coisas iguais, todos são iguais.

Axioma 3: E, caso de iguais sejam subtraídas iguais, as restantes são iguais.

---

mesmo plano, e sendo prolongadas ilimitadamente em cada um dos lados, em nenhum se encontram. (EUCLIDES, 2009)

[4] Dois ângulos são congruentes quando possuem a mesma medida ou "abertura"; Dois segmentos de reta são congruentes quando possuem o mesmo comprimento; Dois triângulos são congruentes se seus lados correspondentes forem congruentes e seus ângulos correspondentes também forem congruentes. Faz se necessário lembras que nem todos os triângulos que possuem dois lados e um ângulo, ou dois ângulos e um lado congruentes, são congruentes. É necessário que estes lados e ângulos sejam os correspondentes de um triângulo no outro.

[5] Quanto a comparação de figuras, em Os Elementos, devemos entender como **iguais** tanto figuras que são congruentes como as que apresentam mesma área, sem fazer a distinção moderna para estes dois termos, uma vez que esta distinção não existia à época de Euclides.

Axioma 4: E, caso iguais sejam adicionadas a desiguais, os todos são desiguais.

Axioma 5: E os dobros das mesmas coisas são iguais entre si.

Axioma 6: E as metades das mesmas coisas são iguais entre si.

Axioma 7: E as coisas que se ajustam uma à outra são iguais entre si.

Axioma 8: E o todo é maior do que a parte.

Axioma 9: E duas retas não contém uma área. (EUCLIDES, 2009)

Logo na sequência temos as proposições, que são de dois tipos: os problemas de construção (Ilustração B.2) e os teoremas, que necessitam de demonstração. Todas as proposições são demonstradas a partir dessas, e somente dessas definições, dos axiomas e dos postulados. As construções de figuras devem ser realizadas apenas com recurso de régua e compasso, não graduados.[6] A título de exemplo, transcrevemos a seguir a construção da proposição ***1*** do livro **1**.

Construir um triângulo equilátero sobre uma reta limitada dada.

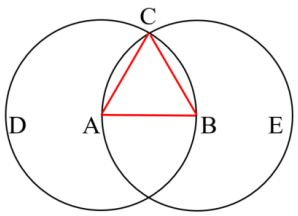


Ilustração B.2 - Triângulo construído sobre a reta AB, dada.

Fonte: (EUCLIDES, 2009, p. 99). Adaptado por nós.

[6] Esta exigência da régua e do compasso tem origem na crença de que seria uma restrição da geometria imposta pela filosofia de Platão, uma vez que sua filosofia valorizava a matemática teórica e desprezava as construções mecânicas, realizadas com ferramentas de verdade. A régua e o compasso, apesar de serem instrumentos de construção, estão associados a construção de retas e círculos, figuras geométricas com alto grau de perfeição. No entanto, não há nenhuma indicação quanto a esta restrição dirigida a geometria nos escritos de Platão, nem na obra de Euclides. O matemático alemão Hermann Hankel (1839-1873) foi o responsável por creditar a Platão tal restrição a geometria. Em um texto histórico sobre a geometria euclidiana, publicado em 1874, ele apresentou extrapolações com base em trechos da obra de Platão. No entanto, em 1936, o alemão A.D. Steele analisou a tese de Hankel como falsa e forneceu algumas hipóteses sobre o uso exclusivo desses instrumentos em Os Elementos. Uma das explicações para o uso da régua e do compasso nessa obra pode ter sido de ordem pedagógica. As construções feitas desse modo são mais simples e não exigem nenhuma teoria adicional (como seria o caso das construções por meio de cônicas). Uma segunda explicação seria a necessidade de uma ordenação e de uma sistematização da geometria. Na época de Euclides, o conjunto dos conhecimentos dos geômetras já estava bastante desenvolvido e era necessário ordená-lo. Euclides teria proposto para si a tarefa de expor a matemática elementar da época da forma mais simples possível. (ROQUE, 2012)

> Seja a reta limitada dada AB. É preciso, então, sobre a reta AB construir um triângulo equilátero. Fique descrito, por um lado, com o centro A, e por outro lado, com a distância AB, o círculo BCD, e, de novo, fique descrito, por um lado, com o centro B, e, por outro lado, com a distância BA, o círculo ACE, e, a partir do ponto C, no qual os círculos se cortam, até os pontos A, B, fiquem ligadas as retas CA, CB.
>
> E, como o ponto A é centro do círculo CDB, a AC é igual à AB; de novo, como o ponto B é centro do círculo CAE, a BC é igual à BA. Mas a CA foi também provada igual à AB; portanto, cada uma das CA, CB é igual à AB. Mais as coisas iguais à mesma coisa são também iguais entre si; portanto, também a CA é igual à CB, portanto, as três CA, AB, BC são iguais entre si.
>
> Portanto, o triângulo ABC é equilátero, e foi construído sobre a reta limitada dada AB.
>
> Portanto, sobre a reta limitada dada, foi construído um triangulo equilátero; o que era preciso fazer. (EUCLIDES, 2009, p. 99)

Nesse exemplo de demonstração, transcrito de Os Elementos, a construção do triângulo referente a proposição **1** do livro **1** foi possível devido ao seu 1º e 3º postulado e mais às definições 15 e 20.

Em Os Elementos de Euclides, os quatro primeiros postulados apresentam propriedades que são bastante evidentes para nossa intuição geométrica. O grande mérito de Euclides foi a capacidade de sintetizar em uma quantidade pequena, porém suficiente, as regras fundamentais da geometria. No entanto, o quinto postulado, desde a antiguidade, atrai a atenção dos geômetras por sua maior complexidade e por carecer da mesma evidência intuitiva que os anteriores apresentam (GREENBERG, 1994).

Talvez, por estarmos muito ambientados com a geometria de Euclides, não nos seja compreensível o porquê desse postulado ser tão controverso. Na verdade, ele pode até nos parecer muito “óbvio”.

> Entretanto, se considerarmos os axiomas da geometria como abstrações da experiência, podemos ver uma diferença entre esse postulado e os outros quatro. Os dois primeiros postulados são abstrações de nossas experiências, desenhando com uma régua; o terceiro postulado deriva de nossas experiências desenhando com um compasso. O quarto postulado é talvez menos óbvio como uma abstração; no entanto, deriva de nossas experiências a medição de ângulos com um transferidor (em que a soma dos ângulos suplementares é de 180°, de modo que, se os ângulos

> complementares forem congruentes entre si, eles devem medir 90° cada um). O quinto postulado é diferente porque não podemos verificar empiricamente se duas linhas se encontram, já que podemos desenhar apenas segmentos, não linhas. Podemos estender os segmentos mais e mais para ver se eles se encontram, mas não podemos continuar estendendo-os para sempre. Nosso único recurso é verificar o paralelismo indiretamente, usando outros critérios além da definição. (GREENBERG, 1994, p. 19-20) (Tradução nossa)[7]

Greenberg (1994) continua sua argumentação afirmando que um postulado deve, originalmente, ser tão simples e intuitivo que ninguém poderia duvidar de sua validade, no entanto, desde o início o quinto postulado foi motivo de dúvida e alvo de ataques. Segundo Howard Eves (1992), Proclus já considerou o postulado das paralelas "estranho", quando comparado aos demais. Para ele, o quinto postulado era o único, dentre todos os cinco postulados, que não era completamente evidente. Em uma argumentação muito parecido com a de Greenberg (1994), Eves (1992) comenta:

> Euclides provou vinte e oito proposições antes de usar o quinto postulado numa prova. O recíproco do postulado das paralelas, "A soma de dois ângulos de um triângulo é menor que dois ângulos retos"[8], foi provado por Euclides como um teorema, por conseguinte supunha-se que o postulado das paralelas seria suscetível de prova. (EVES, 1992, p. 46)

De acordo com Bonola (1955), a teoria das paralelas desenvolvida em Os Elementos se apresenta e se completa em várias etapas do livro **1**. Euclides inicia tal discussão na definição 23, descrevendo que "Paralelas são retas que, estão no mesmo plano, e sendo prolongadas ilimitadamente em cada um dos lados, em nenhum se encontram". Em seguida é descrito o postulado das paralelas (5º postulado). Ele continua

---

[7] *However, if we consider the axioms of geometry as abstractions from experience, we can see a difference between this postulate and the other four. The first two postulates are abstractions from our experiences drawing with a straightedge; the third postulate derives from our experiences drawing with a compass. The fourth postulate is perhaps less obvious as an abstraction; nevertheless it derives from our experiences measuring angles with a protractor (where the sum of supplementary angles is 180°, so that if supplementary angles are congruent to each other, they must each measure 90°). The fifth postulate is different in that we cannot verify empirically whether two lines meet, since we can draw only segments, not lines. We can extend the segments further and further to see if they meet, but we cannot go on extending them forever. Our only recourse is to verify parallelism indirectly, by using criteria other than the definition*. (GREENBERG, 1994, p. 19-20)

[8] Proposição de número 17 do livro 1, "Os dois ângulos de todo triângulo, sendo tomados juntos de toda maneira, são menores do que dois retos." (EUCLIDES, 2009, p. 111)

essa discussão na proposição 29[9] dizendo: “A reta, caindo sobre duas retas paralelas, faz tanto os ângulos alternos iguais entre si quanto o exterior igual ao interior e oposto e os interiores e no mesmo lado iguais a dois retos” (EUCLIDES, 2009, p. 120), ou seja, duas linhas retas são paralelas quando formam, com uma transversal a elas, ângulos alternos internos iguais, ou ângulos correspondentes iguais, ou ângulos interiores no mesmo lado que são suplementares.

Pelo raciocínio de Bonola (1955), Euclides conclui sua teoria das paralelas com as demonstrações das proposições 30, 31 e 33 que se seguem: proposição 30 - “As paralelas a mesma reta são paralelas entre si”, proposição 31 - “Pelo ponto dado, traçar uma linha reta paralela à reta dada” (EUCLIDES, 2009, p. 121) e, por fim, proposição 33 - “As retas que ligam as tanto iguais quanto paralelas, no mesmo lado, também são elas tanto iguais quanto paralelas” (ibid., p.122). Ver estas representações na Ilustração B.3 a, b e c, respectivamente.

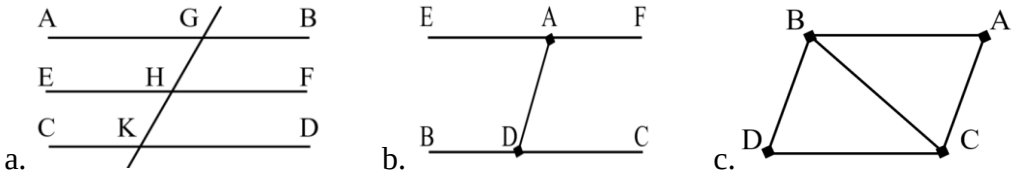


Ilustração B.3 - Diagramas das proposições 30, 31 e 33, respectivamente.

Fonte: (EUCLIDES, 2009, p. 121-122).

A definição 23 é bem clara quanto ao seu conteúdo, já a proposição 29 pode ser sintetizada em: duas retas paralelas, cortadas por uma reta perpendicular a ambas, faz com que todos os ângulos gerados sejam de 90º. A proposição 30, também não gera confusão e é direta. Diferentemente das demais sentenças apresentadas, a proposição 31 não é um teorema é uma proposta de construção de uma reta que seja paralela à outra reta dada. Já a proposição 33 nos apresenta a ideia de um paralelogramo (Ilustração B.3.c) e pode ser simplificada assim: tendo dois segmentos dados BD e AC e sendo eles paralelos, se

[9] Em uma leitura geral da obra, notamos que as proposições 27 e 28 também tratam da questão do paralelismo no entanto, por ser mais abrangente, a proposição 29 engloba o conteúdo desses dois teoremas anteriores e, talvez, seja este o motivo de não terem sido citadas por Bonola (1955).

ligarmos os pontos B e A por um segmento de reta e os pontos D e C por outro segmento, teremos que BA e DC são paralelas entre si.

Da última proposição (33) podemos concluir que duas linhas retas paralelas são equidistantes, fato que foi posteriormente discutido por seus críticos nas tentativas de demonstração do quinto postulado. Após essas críticas, novas propostas de definição de paralelas foram feitas. Outra consequência importante da teoria euclidiana das paralelas pode ser demonstrada no teorema que afirma que a soma dos ângulos de qualquer triângulo é 180º, proposição 32[10].

Curiosamente, o quinto postulado é apresentado como uma declaração oposta, ou simétrica, tanto à definição quanto às proposições. Nesse postulado, Euclides não sugere o paralelismo das retas, mas o não-paralelismo: "se duas retas forem cortadas por uma terceira de tal forma que a soma dos ângulos internos, em um lado da transversal, seja menor que dois ângulos retos, então as duas linhas deverão se encontrar, neste mesmo lado, considerando que se estendam indefinidamente" (EUCLIDES, 2009), Ilustração B.4.

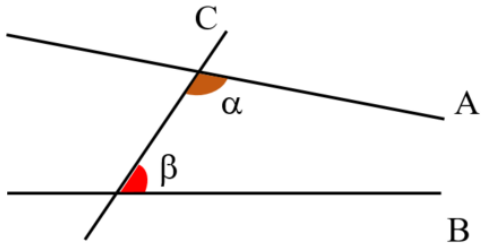


Ilustração B.4 - Retas A e B cortadas por uma reta C de modo que $\boldsymbol{\alpha + \beta < 180º}$.

Fonte: Do autor (2020).

Essas sentenças apresentadas se tornaram o foco das discussões e mesmo os pontos nevrálgicos das tentativas de demonstração ou substituição do quinto postulado, conforme veremos a seguir.

[10] Proposição 32, livro 1 de Os Elementos: "Tendo sido prolongado um dos lados de todo triângulo, o ângulo exterior é igual aos dois interiores e opostos, e os três ângulos interiores do triângulo são iguais a dois retos." (EUCLIDES, 2009, p. 122)

B.2 Principais tentativas de demonstração do quinto postulado.

Diversos ensaios dignos de nota, como tentativas de provar o postulado, foram realizadas. Citando algumas tentativas, temos: de Ptolomeu (90-168), de Proclus (412-485), de Nasir-Eddin (1201-1274), de John Wallis (1616-1703), de Girolamo Saccheri (1667-1733), de Johann Heinrich Lambert (1728-1777) e de Adrien Marie Legendre (1752-1833). Muitos dos postulados encontrados se mostraram equivalentes ao de Euclides ou fizeram uso de justificativas inconsistentes, no entanto, o trabalho de Saccheri[11], que discutimos no corpo da tese, deve ser destacado como uma das tentativas que preparou o caminho para o surgimento das geometrias não-euclidianas (EVES, 1992).

Muitas informações valiosas sobre as primeiras tentativas de demonstrar o quinto postulado de Euclides nos foram trazidas por Proclus em seu comentário sobre o primeiro livro de Euclides. Segundo Bonola (1955), estas primeiras tentativas seguiram uma tendência de modificação da definição euclidiana de “linhas paralelas”.

No trabalho de Proclus, é mencionado que Posidonius (séc. I a.C.) propôs que duas paralelas fossem *linhas retas equidistantes e coplanares*, que seria uma união da definição de Euclides com a conclusão tirada da proposição 33 de Os Elementos (BONOLA, 1955). Referindo-se a um trabalho de Geminus (século I aC), Proclus traz à discussão o exemplo da hipérbole que se aproxima de sua assíntota sem jamais a tocar. Assim, pode haver linhas paralelas que estão no mesmo plano e que se estendem indefinidamente sem se encontrarem, definição de Euclides de paralelas, no entanto não seriam continuamente equidistantes, conforme a definição de Posidonius. Apesar de se encaixar na definição de Euclides de paralelas, na verdade, ela diverge da ideia geral euclidiana, uma vez que contradiz a proposição 33. Nesta última entendemos que as paralelas são equidistantes entre si e ao longo de seus comprimentos.

[11] Giovanni Girolamo Saccheri foi um padre jesuíta e matemático italiano. Nascido em Sanremo, Saccheri entrou para a Ordem dos Jesuítas em 1685 e tornou-se padre em 1694. Foi pupilo do matemático Tommaso Ceva e publicou vários trabalhos incluindo *Quaesita geometrica*, logica demonstrativa e *Neo-statica*. Disponível em: < https://pt.wikipedia.org/wiki/Giovanni_Gerolamo_Saccheri> visitado em: 04/08/2019.



Ilustração B.5 - Linhas A e B que se aproximam continuamente sem se tocarem.

Fonte: (BONOLA, 1955). Adaptado por nós.

Além disso, segundo Silva (2006), a definição dada por Posidonius é baseada na distância entre as linhas e suas possíveis perpendiculares. Entretanto, não é possível afirmar que, quando duas linhas retas e paralelas são cortadas por uma terceira, se esta última fizer um ângulo reto com uma das linhas paralelas, necessariamente fará um ângulo reto com a outra. Essa afirmação depende de que se considere o quinto postulado como válido. O que conduz a ideia de que, se ignorarmos o 5º postulado, a figura 4.5 poderia ser considerada como a representação de um tipo de paralelas.

Segundo Bonola (1955), após apresentar uma demonstração feita por Ptolomeu[12] e tecer críticas à mesma, Proclus toma um caminho diferente e assume como evidente a proposição: A distância entre dois pontos sob duas linhas retas que se cruzam pode ser traçada da maneira que queiramos, prolongando suficientemente as duas linhas. A partir dessa proposição ele deduz o lema[13]: A linha reta que cruza uma de duas paralelas também deve cruzar a outra.

Consideremos AB e CD duas paralelos e EG um transversal que corta AB em F, conforme a Ilustração B.6.

[12] Não iremos apresentar a demonstração de Ptolomeu para não tornar o capítulo exageradamente extenso. Assim procederemos nas próximas deduções que forem pouco relevantes, conforme nosso entendimento, ao propósito deste capítulo. Ao leitor interessado, esta demonstração e muitas outras podem ser encontradas em "*Non-Euclidean Geometry: A Critical and Historical Study of its Development*.", Roberto Bonola, Dover Books, 1955.

[13] "Lema" vem do grego λήμμα (algo recebido, ganho, um presente). Em Matemática, representa um teorema utilizado como intermediário para provar outro teorema mais importante que lhe sucede.

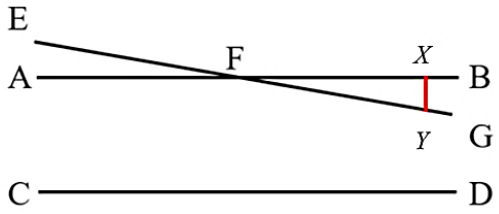


Ilustração B.6 - Diagrama da demonstração de Proclus.

Fonte: (BONOLA, 1955). Adaptado por nós.

A distância de um ponto móvel Y sobre FG até outro ponto X, sobre a linha AB, aumentará sem limite, quando o ponto Y se afastar de F indefinidamente, considerando que YX seja sempre perpendicular a AB. No entanto, como a distância entre as duas paralelas é finita, a linha reta EG deve necessariamente cruzar com CD. Proclus introduziu a hipótese de que a distância entre duas paralelas permanece finita, tornando possível a dedução do postulado das paralelas de Euclides (BONOLA, 1955). Entretanto, Proclus incorre no erro de *petitio principii*[14] ao supor que a distância entre linhas coplanares não-intersectáveis (ele as chama de linhas paralelas) seja limitada em suas extensões, que equivale ao postulado que ele quer provar (ROSENFELD, 1988).

Durante a Idade Média o postulado foi estudado pelos árabes: Al-Gauhari, Thabit ibn Qurra, Ibn al-Haytham, Omar Khayyam e Nasir Eddin al-Tusi (SILVA, 2006). Segundo Bonola (1955) desses árabes, dois trabalhos se mostram importantes devido as contribuições que legaram aos geômetras posteriores. Foram eles Thabit ibn Qurra (836-910) e Nasir Eddin al-Tusi (1201-1274).

Thabit ibn Qurra estabeleceu que um segmento de linha poderia se mover sem ter seu comprimento alterado, fato que não era considerado óbvio. Além disso, ele introduziu uma figura geométrica que foi utilizada de forma recorrente nas tentativas posteriores de demonstração do quinto postulado, um quadrilátero com dois lados AD e BC iguais que fazem o mesmo ângulo com a base (SILVA, 2006).

[14] Expressão latina (*petitio principii* – "petição de princípio") que significa que a veracidade de uma conclusão é assumida de suas premissas. Por vezes, a conclusão é apenas reafirmada nas premissas. Já, em alguns casos, a premissa é uma consequência da conclusão.

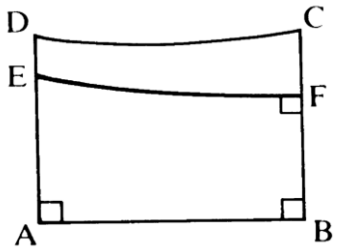


Ilustração B.7 - Quadrilátero de lados AD e BC de iguais e ângulos $\widehat{\boldsymbol{A}}$ e $\widehat{\boldsymbol{B}}$ iguais.

Fonte: (BONOLA, 1955). Adaptado por nós.

Thabit ibn Qurra buscou demonstrar a hipótese de que o quarto ângulo AÊF também seria reto, como os demais, utilizando o argumento de movimento da linha extra EF, com a mesma medida da base. Entretanto este argumento também depende da aceitação do 5º postulado de Euclides (SILVA, 2006).

Nasir Eddin al-Tusi (1201-1274) também utilizou o quadrilátero de Thabit ibn Qurra e desenvolveu um raciocínio semelhante ao de seu predecessor. Apesar de também falhar, ele foi original ao explicitar o teorema da soma dos ângulos de um triângulo nas tentativas de demonstração deste postulado. Este teorema também passou a ser utilizado para as tentativas de demonstração posteriores (BONOLA, 1955).

O livro Os Elementos de Euclides, juntamente com diversos textos gregos, chegou ao conhecimento dos europeus algum tempo depois da conquista da península ibérica pelos árabes no século VIII. Este e outros textos foram traduzidos e comentados pelos estudiosos muçulmanos e, então, começaram a ser estudados na Europa.

> As primeiras versões dos Elementos feitas nos séculos XII e XIII nos textos árabes, e posteriores, feitas no final do século XV e no início do século VI, com base nos textos gregos, dificilmente contêm notas críticas sobre o Quinto Postulado. Tal crítica aparece após o ano de 1550, principalmente sob a influência do "Comentário" de Proclo. (BONOLA, 1955, p. 12) (Tradução nossa)[15]

[15] *The first versions of the Elements made in the 12th and 13th Centuries on the Arabian texts, and the later ones, made at the end of the 15th and the beginning of the ı6th, based on the Greek texts, contain hardly any critical notes on the Fifth Postulate. Such criticism appears after the year 1550, chiefly under the influence of the Commentary of Proclus*. (BONOLA, 1955, p. 12)

Ainda de acordo com Bonola (1955) dentre os comentaristas mais notáveis do trabalho de Euclides, nos séculos XVI e XVII, temos: F. Commanding (1509-1575), C. S. Clavio (1537-1612), Ga Borelli (1608-1679), Giordano Vitale (1633-1711), J. Wallis (1616-1703). No entanto, o que viria logo após estes personagens iniciaria uma modificação radical na história da geometria.

REFERÊNCIAS

BONOLA, R. **Non-Euclidean Geometry:** A Critical and Historical Study of its Development. Tradução de H. S. Carslaw. New Yourk: Dover Books, 1955.

EUCLIDES. **Os Elementos**. Tradução de Irineu Bicudo. São Paulo: Editora UNESP, 2009.

EVES, H. **Tópicos de História da Matemática para uso em sala de aula. Geometria.** São Paulo: Atual, v. 3, 1992.

GREENBERG, M. J. **Euclidean and non-Euclidean geometries:** Development and history. 3ª. ed. New York: W. H. Freeman and Company, 1994.

ROCHA, M. V. Geometria Hiperbólica: uma proposta didática a distância: Elementos de Euclides. **PUC-SP**, 2008. Disponivel em: <https://www.pucsp.br/pensamentomatematico/GH/H_2.htm>. Acesso em: 31 jul. 2019. Página virtual que compõe a dissertação de mestrado UMA PROPOSTA DE ENSINO A DISTÂNCIA PARA O APRENDIZADO DA GEOMETRIA HIPERBÓLICA.

ROQUE, T. **História da Matemática:** Uma Visão Crítica, Desfazendo Mito e Lendas. Rio de Janeiro: Zahar, 2012.

ROQUE, T.; CARVALHO, J. B. P. **Tópicos de História da Matemática**. 2ª. ed. Rio de Janeiro: Sociedade Brasileira de Matemática, 2012. Coleção PROFMAT.

ROSENFELD, B. A. **A History of Non-Euclidean Geometry:** Evolution of the Concept of a geometric space. Tradução de Trad. Abe Shenitzer. New York: Springer-Verlag, 1988.

SILVA, A. P. B. **O desenvolvimento das mecânicas não-euclidianas durante o século XIX.** Tese (Doutorado em Ciências) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Fisica Gleb Wataghin. Campinas, SP., p. 131. 2006.

APÊNDICE C - As Artes Plásticas: o Espaço e a Forma

De modo a ampliar e facilitar o entendimento das discussões a respeito das artes plásticas, discutimos neste capítulo alguns aspectos de base para esta área. Aspectos fundamentais para se entender muitas das discussões que realizaremos no capítulo 8, sobre a quarta dimensão e os movimentos de vanguarda.

C.1 Elementos fundamentais: tema, expressão, composição, forma e espaço

Como as obras de arte são, naturalmente, os mecanismos de comunicação e expressão dos artistas, elas sempre apresentarão um assunto, um "tema". Então, o "tema" de uma obra representa o próprio conteúdo que a obra pretende apresentar. Outro conceito que precisa ficar bem entendido é o significado de "expressão" artística. Este termo se refere a própria interpretação do assunto, ou tema, realizada por cada artista de forma sempre muito pessoal e particular. Já o termo "composição", de uma obra de arte, se refere à organização dos elementos visuais fundamentais da obra. Ou seja, como o artista encontra solução para organizar traços, pinceladas, cores etc., em uma obra.

Pensando na geometria euclidiana, lembramos que ela se fundamenta em alguns poucos elementos básicos que dão origem a uma infinidade de figuras, que vão das formas planas mais simples até sólidos geométricos mais complexos. Estes elementos fundamentais para a geometria são: o ponto, a reta, o plano e o volume. Para o caso das artes, estes elementos geométricos também são importantes, no entanto eles se somam ao elemento luz e ao elemento cor para formar o conjunto dos elementos expressivos das artes plásticas (OSTROWER, 1996).

Outro termo importante é o termo "forma". Facilmente reconhecemos, por exemplo, uma cadeira, seja ela de qual modelo for, uma vez que sua "forma" já nos é familiar. Isso porque o conjunto de elementos, linhas, superfícies etc. que compõem a imagem de uma cadeira já dotam aquela figura de algo peculiar. Nas artes visuais, "forma" é o resultado do processo criativo, expressivo, original e individual. Segundo Ostrower (1996), a forma é o resultado da intervenção do homem enquanto ser criativo que, ao utilizar técnicas, materiais e ferramentas próprias, produz resultados que tem significado em si mesmas.

E, finalmente, o conceito de “espaço” nas artes representa as possibilidades de representação expressiva em uma tela. No espaço natural, de acordo com a compreensão consensual atual, percebemos as quatro dimensões, três espaciais e mais o tempo. Na arte, seguindo o raciocínio de Ostrower (1996), essa combinação é bastante variável, sendo possível perceber um número de combinações dimensionais muito mais flexível e variada, não sendo obrigatória a representação das três dimensões espaciais e o tempo. Isso é facilmente percebido ao se observar as obras em estilo bizantino e mesmo em obras impressionistas, aos quais é clara a bidimensionalidade das representações. Na verdade, a representação das três dimensões é pouco comum na arte, a não ser no caso do período renascentista (OSTROWER, 1996).

Nas palavras de Ostrower (1996), “[...] na arte se revelam espaços vivenciais e não conceitos absolutos de espaço”. Com se trata de representar espaços repletos de significados subjetivos e não reproduções ou cópias do “real”, na maioria das vezes, são muitos os espaços válidos e possíveis.

C.2 Correntes estilísticas básicas das artes plásticas

De alguma forma, os novos movimentos artísticos que emergem nos meios culturais representam um diálogo entre a ruptura, a inovação, com relação aos padrões já conhecidos, e o retorno, a releitura e a reformulação dos conceitos, ideias e características de movimentos anteriores. Mesmo quando um movimento inovador vem romper com todos os paradigmas existentes, em certa medida, ele se baseia nos movimentos anteriores como modelos a serem pervertidos, transformados ou mesmo abandonados.

Outra questão importante para que possamos entender melhor as artes plásticas é que existem correntes estilísticas básicas presentes em quaisquer movimentos artísticos. Segundo Ostrower (1996), existe um senso comum que imagina a arte como imitação da vida e que o bom artista busca representar com fidelidade a natureza, como um espelho do real, uma cópia da natureza. Este entendimento é muito reducionista e pode ser um dos motivos para a não compreensão e a rejeição de uma obra ou de certos estilos artísticos que deformam as imagens conscientemente. O que deve ficar muito claro é que sempre existirá deformação ao se tentar representar a natureza (OSTROWER, 1996).

A simples tentativa de desenharmos uma árvore já faz com que sejam acrescentadas deformações, uma vez que utilizaremos formas abstratas como linhas e traços, elementos que não existem na natureza. E ainda, ao colocarmos esta árvore isolada do seu meio natural estamos desconsiderando o ambiente que dá contexto ao ser árvore. Estas articulações necessárias a produção de um simples desenho já representam deformações da natureza. Por mais que o artista busque fidedignidade à sua representação, as deformações são inevitáveis (OSTROWER, 1996). No entanto, a deformação intencional também aparece na arte e, muitas vezes, de forma muito expressiva.

Conforme Ostrower (1996), dentre os múltiplos enfoques expressivos possíveis para a arte, podemos distinguir três atitudes básicas que são percebidas nos diferentes movimentos artísticos. Seriam estas: Naturalismo, Realismo e Expressionismo. Já de acordo como Little (2010), somadas as mesmas três correntes estilísticas apontadas por Ostrower (1996), há ainda uma quarta corrente estilística que denominou de “Tendências Surreais e Fantásticas”. Estas correntes estilísticas básicas ou enfoques expressivos estão presentes em diferentes épocas, mesmo na arte pré-histórica e atualmente. Entretanto, mesmo sendo diferentes entre si elas não se excluem mutuamente, em verdade, muitas vezes elas se interpenetram.

Ostrower (1996) e Little (2010) detalham estas correntes estilísticas conforme descrevemos a seguir:

1) Naturalismo: O artista busca capturar da natureza aquilo que o emociona, representando a forma física dos fenômenos que causaram tal emoção. Ele tenta realizar sua representação de forma mais objetiva possível, representando suas formas sem acrescentar *ênfases formais*. Ele busca respeitar a configuração natural com fidelidade, no entanto, ele não deixará de deformar, uma vez que seu olhar se volta para o aspecto da natureza que o sensibilizou, isolando-o e abstraindo-o através de sua representação.

Tomando como exemplo o movimento artístico conhecido como Impressionismo, por exemplo, vemos que o artista busca a fidelidade, quase científica, da representação da natureza e como ela é percebida no momento de produção do quadro. Neste caso em particular, esta natureza não é um objeto material, mas a luminosidade atmosférica.

2) Idealismo: Nesse estilo um fenômeno da natureza é abstraído ao ponto de se ter uma generalização do mesmo. O artista não representa um objeto ou fenômeno específico,

mas uma forma geral e, digamos, permanente do que se busca representar. Não se pinta uma árvore, uma paisagem ou pessoa em especial, mas uma ideia de árvore na melhor atitude platônica possível.

Aqui a geometria é sentida como protótipo espacial, como referência ordenadora do espaço. A proporção áurea[16] é um elemento muito utilizado nos estilos idealistas. O artista procura se manter objetivo diante dos fenômenos, assim como no Naturalismo, e não busca representar formas acima dos limites de sua configuração natural. No entanto, nesse estilo ele não busca a representação fiel da natureza, mas sim a representação idealizada. A geometrização do espaço e das formas aparecem com uma perfeição que não é encontrada na natureza. Como exemplo temos a arte grega e a renascentista, que são fortemente idealizadas.

3) Expressionismo: Este estilo se fundamenta na intensificação de nossas emoções. A intensificação emocional sempre corresponde a maiores *ênfases formais* na obra. O conteúdo expressivo, diferentemente do idealismo, é a instabilidade, o excepcional e conflitante da vida, e não o permanente. O trabalho se mostra mais subjetivo e não objetivo como nas correntes anteriores, Naturalismo e Idealismo. Dentro desta corrente temos o próprio movimento expressionista, ou Pós-Impressionismo, e o Barroco, com sua forte emotividade e expressão dos sentimentos nos detalhes visuais.

> Se no Naturalismo o artista procuraria captar e reproduzir certos detalhes particulares que distinguem uma arvore de outras semelhantes e se, no idealismo, o artista selecionaria entre os múltiplos detalhes, alguns gerais, semelhantes em todas as árvores, generalizando-os mais ainda no sentido de aproximá-los de protótipos geométricos, no expressionismo o artista selecionaria apenas aqueles detalhes que considerasse essenciais do ponto de vista emotivo. Estes aspectos, o artista intensificaria formalmente, exagerando muito sua eventual aparência na natureza. (OSTROWER, 1996, p. 316)

[16] A Proporção áurea, número de ouro ou seção áurea, também conhecida como proporção divina, é uma constante real irracional que representa a razão entre segmentos de reta ou entre lados de uma figura. Ela é denotada pela letra Φ, em homenagem a Phideas (Fídias), escultor que concebeu o Parthenon. Seu valor algébrico é aproximadamente de 1,618. A proporção áurea é obtida quando dividimos um segmento de reta **A** em dois segmentos desiguais **B** e **C**, de modo que $\mathbf{A} = \mathbf{B} + \mathbf{C}$ e **B** > **C.** Se, ao dividirmos o comprimento de **B** por **C** obtemos um valor que é o mesmo obtido ao dividirmos **A** por **B**, então encontramos a proporção áurea entre esses segmentos. Ou seja, como $A = B + C$, então: $\frac{B}{C} = \frac{A}{B} = \frac{B+C}{B} \cong 1{,}618$. Um retângulo áureo é aquele em que a razão entre seu lado maior e o menor resulta em Φ.

4) Tendências Surreais e Fantásticas: Segundo Little (2010), esta tendência não seria, especificamente, uma corrente estilística como as outras três. Seria mais uma tendência de buscar temáticas imaginativas e irracionais, de buscar a representação de objetos, coisas e situações ilógicas e irreais. Trata-se de representações artísticas que buscam o fantástico, o ilusório e o onírico. As artes surrealistas, muitas vezes, partem de elementos e componentes realistas e enveredam por combinações e contextos, deliberadamente incoerentes. Os movimentos artísticos do Surrealismo e mesmo o Dadaísmo, podem ser bons representantes desta Tendência.

Desta forma, os movimentos artísticos das diversas épocas incorporam os aspectos dessas correntes estilísticas mencionadas. Alguns se identificam mais com uma delas, já outras apresentam algum grau de combinação entre elas.

C.3 Correntes filosóficas ligadas à construção do conhecimento

De forma semelhante às correntes estilísticas básicas apontadas na seção anterior, existem linhas filosóficas ligadas a teoria do conhecimento que apontam formas de compreender a natureza e a construção do conhecimento, principalmente o conhecimento científico. Estas linhas filosóficas, apenas em parte, se assemelham com as correntes estilísticas básicas para as representações artísticas, apontadas na seção 7.2. Entretanto frisamos que, obviamente, elas tratam de questões diferentes das relacionadas às correntes estilísticas das artes.

> [...] O pintor tem que desaprender o hábito de pensar que as coisas parecem ter a cor que o bom senso diz que "realmente" têm, e aprender o hábito de ver as coisas como parecem. Aqui já iniciamos uma das distinções que mais causam problemas na filosofia - a distinção entre "aparência" e "realidade", entre o que as coisas parecem ser e o que são. O pintor quer saber o que as coisas parecem ser, o homem prático e o filósofo querem saber o que são; [...]. (RUSSELL, 1912, p. 9) (Tradução nossa.)[17]

[17] [...] *The painter has to unlearn the habit of thinking that things seem to have the colour which common sense says they "really" have, and to learn the habit of seeing things as they appear. Here we have already the begin-ning of one of the distinctions that cause most trouble in philosophy - the distinction between `appearance' and 'reality', between what things seem to be and what they are. The painter wants to know what things seem to be, the practical man and the philosopher want to know what they are; [...]*. (RUSSELL, 1912, p. 9)

Na Filosofia do conhecimento ou epistemologia, a essência do conhecimento é um fator importante de estudo e, em geral, são apontadas duas correntes fundamentais para a compressão das teorias humanas. São elas o Idealismo e o Realismo. Estas correntes epistemológicas são antagônicas quanto ao que entendem como fator determinante para o conhecimento. Para os idealistas, por exemplo, tudo o que é real ou, pelo menos, tudo o que podemos conhecer sobre alguma coisa deve ser em algum sentido mental (RUSSELL, 1912). Podemos entender da seguinte forma, no Idealismo, o sujeito da investigação é determinante para a construção do conhecimento.

> Parece que, se tomarmos qualquer objeto comum do tipo que se supõe ser conhecido pelos sentidos, o que os sentidos imediatamente nos dizem não é a verdade sobre o objeto como ele está separado de nós, mas apenas a verdade sobre certos dados dos sentidos que, tanto quanto podemos ver, dependem das relações entre nós e o objeto. Assim, o que vemos e sentimos diretamente é apenas "aparência", que acreditamos ser um sinal de alguma "realidade" por trás. (RUSSELL, 1912, p. 16) (Tradução nossa.)[18]

Há vertentes do Idealismo que divergem com respeito a realidade partir da consciência individual ou da consciência objetiva, advinda da ciência, e sobre o processo de conhecimento ser psicológico ou lógico, mas ainda assim a realidade permanece sendo uma construção do indivíduo.

Mas, segundo o próprio Russell (1912), mesmo duvidando da existência dos objetos, não temos como pôr em dúvida a existência dos "dados dos sentidos" que nos conduzem a pensar na existência física dos objetos. Não duvidamos que os objetos nos impressionem com uma determinada cor, forma e sensação de dureza ao toque. Mesmo podendo colocar tudo em dúvida, ao menos algumas das nossas experiências sensíveis parecem existir. E estes são argumentos que contribuem para a visão Realista da natureza e dos fenômenos percebidos.

No Realismo epistemológico há a ideia de que o objeto investigado, ou os fenômenos percebidos, determinam o conhecimento que podemos construir. Nessa

---

[18] *It has appeared that, if we take any common object of the sort that is supposed to be known by the senses, what the senses immediately tell us is not the truth about the object as it is apart from us, but only the truth about certain sense-data which, so far as we can see, depend upon the relations between us and the object. Thus what we directly see and feel is merely 'appearance', which we believe to be a sign of some 'reality' behind.* (RUSSELL, 1912, p. 16)

corrente filosófica, as coisas têm existência real, independente do conhecimento que construímos delas. Mesmo existindo varia vertentes de Realismo, com alguns aspectos divergentes, estas vertentes sempre atribuem realidade ao objeto investigado. Segundo Hacking (1983), os adeptos do realismo dizem que as teorias científicas visam a verdade do mundo e que, às vezes, chegam muito perto dela.

Representando aqui apenas uma das vertentes do Realismo mais moderno, temos a "epistemologia da experimentação" do filosofo Ian Hacking (1936 - ainda vivo). Segundo Hacking (1983), há uma tendência na Filosofia da ciência de colocar as atividades experimentais como inequivocamente guiadas pelas teorias científicas. Assim, ele estruturou uma filosofia dos experimentos científicos, objetivando mostrar que *"a experimentação tem uma vida própria"* (HACKING, 1983, p. 150) e que seus desenvolvimentos são muito mais independentes das teorias científicas do que parece.

> O trabalho experimental fornece a evidência mais forte para o Realismo científico. Não porque testamos hipóteses sobre entidades. É porque entidades que em princípio não podem ser 'observadas' são regularmente manipuladas para produzir um novo fenômeno e investigar outros aspectos da natureza. São ferramentas, instrumentos não para pensar, mas para fazer. A entidade teórica favorita do filósofo é o elétron. Devo ilustrar como os elétrons se tornaram entidades experimentais, ou entidades do experimentador. Nos primeiros estágios de nossa descoberta de uma entidade, podemos testar a hipótese de que ela existe. [...] No momento em que podemos usar o elétron para manipular outras partes da natureza de maneira sistemática, o elétron deixa de ser algo hipotético, algo inferido. Ele deixou de ser teórico e tornou-se experimental. (HACKING, 1983, p. 262) (Tradução nossa.)[19]

Assim, se nas artes temos as correntes do naturalismo, buscando representar as coisas como elas são, e o idealismo que as representa de forma ideal, "perfeita", seguindo uma postura platônica, algo de semelhante nessas posturas pode ser encontrado nas linhas

[19] *Experimental work provides the strongest evidence for scientific realism. This is not because we test hypotheses about entities. It is because entities that in principle cannot be' observed' are regularly manipulated to produce a new phenomena and to investigate other aspects of nature. They are tools, instruments not for thinking but for doing. The philosopher's favourite theoretical entity is the electron. I shall illustrate how electrons have become experimental entities, or experimenter's entities. In the early stages of our discovery of an entity, we may test the hypothesis that it exists. [...] By the time that we can use the electron to manipulate other parts of nature in a systematic way, the electron has ceased to be something hypothetical, something inferred. It has ceased to be theoretical and has become experimental.* (HACKING, 1983, p. 262)

filosóficas do Realismo e do Idealismo da teoria do conhecimento. No entanto, como já discutimos, as correntes epistemológicas apresentadas versam sobre questões diversas das correntes estilísticas.

REFERÊNCIAS

HACKING, I. **Representing and Intervening:** Introductory Topics in the Philosophy of Natural Science. Cambridge: Cambridge University Press, 1983.

LITTLE, S. **Ismos:** Para Entender a Arte. 1ª. ed. São Paulo: Globo, 2010.

OSTROWER, F. **Universo da Arte**. 10ª. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1996.

OSTROWER, F. **A Sensibilidade do Intelecto**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

REICHENBACH, H. **The philosophy of space and time.** New York: Dover Publications, Inc., 1958.

RUSSELL, B. **The Problem of Philosophy**. London: Oxford University Press, 1912. Disponivel em: <https://archive.org/details/in.ernet.dli.2015.188642/page/n13/mode/2up>. Acesso em: 12 ago. 2020.

RUSSELL, B. **History of western philosophy**. London: Routledge Classics; Routledge, 2004.

APÊNDICE D - Movimentos Artísticos Anteriores ao Século XX

Para entendermos um pouco a arte do século XX e os processos pelos quais a arte passou até chegar às vanguardas europeias, é necessário que entendamos um pouco das características do que se produziu anteriormente ao período mencionado. Como esta tese têm a intenção de servir como material de estudo para alunos e professores de graduação em física, que podem não estar familiarizados com as artes plásticas, achamos por bem descrever as características dos principais movimentos artísticos conhecidos. Partiremos da arte renascentista pelo fato desta ainda representar uma arte digna de discussões no início do século XX.

D.1 A arte renascentista

O termo Renascimento[20] foi a denominação dada ao período da história da civilização europeia, entre os séculos XIV e XVI[21], onde os valores e ideais da antiguidade clássica, greco-romana, foram reavivados, reincorporados e explorados até as últimas consequências. Não se tratava de uma tentativa de copiar os ideais helenísticos, mas de uma ressignificação dos mesmos para os novos tempos. Neste período, ocorreu grande desenvolvimento nos campos das artes, da literatura, das ciências e da técnica em geral (engenharia, arquitetura e maquinários mecânicos) (THUILLIER, 1994).

Os ideais humanísticos e antropocêntricos, característicos da cultura greco-romana, compuseram o motor de propulsão desse progresso e representaram o próprio "espírito de época" do Renascimento. A valorização do homem em suas potencialidades (Humanismo) e da própria natureza foram as características marcantes deste período. As

[20] Segundo Gombrich (1999), a palavra renascença, renascimento, ganhou força na Itália desde o tempo de Giotto, quando as pessoas diziam que as obras de determinado artista eram tão boas quanto as dos antigos. Os italianos tinham consciência de que, num passado distante, a Itália havia sido o centro do mundo civilizado e que este período de glória foi findado pelas invasões dos povos "bárbaros", desmantelando com isso o Império Romano. Assim, a ideia de um renascimento associava-se a uma ressurreição da "grandeza de Roma". Foi desta forma que surgiu também o termo "Idade Média", de cunho pejorativo, que designa o período "estéril" entre a exuberante idade clássica e a nova era de renascença.

[21] É comum dividir a renascença em fases, ou períodos, com as denominações italianas de *Trecento* (1300), *Quattrocento* (1400) e *Cinquecento* (1500).

suas qualidades gerais foram a busca pela racionalidade, a valorização da dignidade do ser humano, a busca pelo rigor científico e o forte ideal humanista (JANSON, 2010).

Nas pinturas, a geometrização euclidiana do espaço foi a maior característica dos trabalhos desse período. A busca pelas formas perfeitas deixa clara a característica idealista no estilo da arte renascentista. A perspectiva linear[22], desenvolvida por Brunelleschi (1377-1446) e Alberti (1404-1472), foi explorada ao máximo gerando simulações de profundidade muito convincentes. As distâncias e proporções entre objetos nessas obras foram representados de forma espetacularmente convincente. O *chiaroscuro*, claro-escuro, luz e sombra, também foi uma técnica amplamente utilizada para reforçar os contrastes e proporcionar a sensação de volume dos corpos representados.

Segundo Thuillier (1994), a concepção de espaço criada pelos artistas renascentistas é a de uma espécie de receptáculo tridimensional, homogéneo, isótropo e infinito, no qual os corpos se inserem. É exatamente esta ideia de espaço que percebemos na ciência Moderna, de Galileu e de Newton, um espaço absoluto, independente de qualquer objeto ou fenômeno que nele ocorra. Ainda segundo Thuilier (1994), foram os artistas renascentistas que deram tal contribuição fundamental para a Física, a ideia de que o espaço é uma espécie de palco onde os fenômenos são apresentados. É óbvio que a ciência se apropriou desta noção e a desenvolveu e conceitualizou, mas a origem da concepção de espaço da mecânica newtoniana vem, sem dúvidas, da geometrização do espaço feita pelos artistas renascentistas (THUILLIER, 1994).

Um bom exemplo das argumentações de Thuillier (1994) podem ser percebidas na obra "O Casamento da Virgem", do mestre italiano Rafael Sanzio, de 1504, Ilustração D.1. Neste quadro, Rafael representou um espaço físico muito convincente, no entanto bastante idealizado. Vemos que existe uma simulação de profundidade que se estende ao "infinito", convergindo para um ponto entre as portas de um tipo de batistério. Este ponto

[22] O que chamamos de perspectiva linear é a técnica desenvolvida pelo arquiteto renascentista Filippo Brunelleschi para simular, em um plano, as dimensões e a profundidade vistas na vida real, ao observarmos objetos distantes. Devemos ter em mente que o termo perspectiva já era utilizado durante a idade média para designar a ciência da óptica antiga e medieval. Durante a Renascença este termo passou a designar esta técnica de representação tridimensional em um plano. As tentativas de simulação de profundidade não se iniciaram com Brunelleschi, podemos encontrar tais tentativas, além dos ensaios de representação de volumetria de corpos, desde muito antes da renascença. Brunelleschi não deixou documentada sua técnica, esta formalização por escrito se deve a Leon Battista Alberti, que transformou a técnica da perspectiva em um sistema geométrico de representação racional do espaço. (THUILLIER, 1994)

é o conhecido ponto de fuga da perspectiva linear, ponto para onde as linhas gerais do quadro devem convergir para gerar a perfeita proporção das imagens. O céu é de um belíssimo azul que se esmaece em tons esbranquiçados. As dimensões das imagens mais ao fundo possuem tamanhos reduzidos em perfeita proporção, relativo à distância a que se encontram dos personagens em primeiro plano.

Outro aspecto do espaço renascentista, representado no quadro de Rafael, é que ele permanece inalterado, intacto, se colocarmos ou retirarmos personagens do quadro. Isso não ocorrerá na Ilustração D.2. Neste último, cada personagem preenche o espaço de tal forma que, se retiramos um deles a harmonia do quadro se altera (REIS; GUERRA; BRAGA, 2006).



Ilustração D.1 - O Casamento da Virgem, (1504). Rafael Sanzio.

Fonte: (SANZIO, 1504).

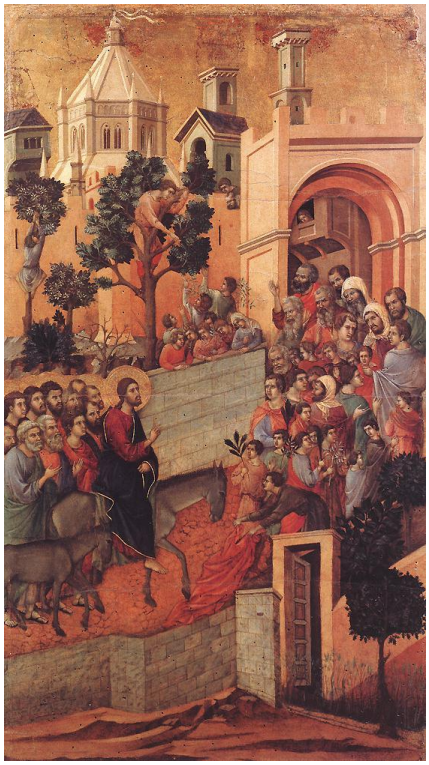


Ilustração D.2 - Cristo entrando em Jerusalém, (1308 - 1311). Buoninsegna.

Fonte: (BUONINSEGNA, 1311).

> Para definir a natureza dessa inovação, o historiador da arte Erwin Panofsky utilizou uma comparação que se tornou clássica. As obras tipicamente medievais nos oferecem um espaço-agregado, isto é, um espaço onde os objetos se justapõem sem que suas relações espaciais sejam levadas em conta. Os florentinos do século XV, por sua vez, criaram um espaço-sistema, no qual os objetos se relacionam segundo situações precisas e se organizam de maneira ordenada e unitária (individualizada). (THUILLIER, 1994, p. 58) (grifos nossos).

Podemos perceber esta diferença de representação espacial mencionada por Thuillier, se compararmos a a Ilustração D.1, de 1504, com a Ilustração D.2, de 1311. Na pintura de Duccio di Buoninsegna percebemos um céu dourado, como se fosse uma cúpula que se encontra a distância finita da superfície da Terra. Percebemos ainda uma representação espacial em que a sugestão de profundidade não respeita as proporções existentes entre objetos distantes, a impressão é que as construções e pessoas não caberiam dentro do espaço representado. Os próprios corpos são planos, não há simulação de volumetria neles (REIS; GUERRA; BRAGA, 2006).

Outro aspecto que representou uma novidade na história da arte foi o surgimento de artistas com estilos pessoais, que os diferem uns dos outros. O Individualismo do ser humano foi a tônica do momento. Este é o período em que, mais fortemente, os nomes dos artistas passam a ser conhecidos pelo público. Na História da arte, deixamos de falar de arte gótica, arte bizantina etc., passamos a tratar das obras de Michelangelo, obras de Rafael etc (GOMBRICH, 1999).

Por volta de 1520, surge em Roma um movimento que ficou conhecido como Maneirismo ("*a maneira de*..."), que durou até aproximadamente 1610. Alguns historiadores consideram-no como uma transição entre o Renascimento e a arte barroca. Este movimento artístico foi uma consequência da decadência do Renascimento. Os artistas que se viram esgotados das possibilidades expressivas de seu tempo, saíram em busca de outros elementos e outros modos que lhes permitissem continuar desenvolvendo sua arte. O maneirismo buscou se afastar do modelo clássico, buscando evidenciar a estilização exagerada e um extremo capricho nos detalhes (GOMBRICH, 1999).

D.2 A arte barroca

Originária da Itália (séc. XVII), a arte barroca não tardou em se difundir por outros países europeus e, através dos portugueses e espanhóis, chegar às Américas.

O movimento Barroco[23] rompeu com o equilíbrio renascentista entre sentimento e razão, arte e ciência, fé e conhecimento científico. Encontramos no Barroco o predomínio das emoções sobre a racionalidade, um constante conflito dualista entre o paganismo e o cristianismo, entre espírito e matéria. Um dos motivos desse sentimento de instabilidade retratado pelo movimento Barroco se deve ao fato dele ter se desenvolvido em uma época de conflitos religiosos intensos. Este período foi marcado pela reforma protestante, iniciada por Martinho Lutero (1483 - 1546), e pela contrarreforma da Igreja Católica. Um dos mecanismos utilizados pela contrarreforma foi o retorno dos tribunais de Inquisição, mecanismo eclesiástico que teve grande força no

[23] Segundo Gombrich (1999), a palavra "barroco" foi um termo empregado pejorativamente pelos críticos de um período posterior ao movimento Barroco e que queriam expô-lo ao ridículo. Barroco significa "literalmente" absurdo ou grotesco, e foi empregado por homens que acreditavam que as construções clássicas jamais deveriam ser usadas ou combinadas a não ser do modo adotado pelos gregos e romanos. (GOMBRICH, 1999)

século XIII na tentativa de combater hereges e infiéis. Entretanto, este mecanismo não foi tão radical como no período anterior mencionado (JANSON, 2010).

Diferente do Renascimento, em que o Homem se colocou em evidência pelo ideal humanista e a razão era a tônica do momento, no movimento Barroco o clima de instabilidade e de incerteza levou os artistas a representarem esta instabilidade emocional em suas obras. Ficou característico do movimento o forte apelo aos efeitos decorativos e visuais. A verticalidade, linearidade e equilíbrio renascentistas foram substituídos pelas curvas, contracurvas, diagonais e colunas retorcidas. Os efeitos de luz e sombra se tornaram menos sutis e mais violentos, deixando de representar apenas simulações de volume dos corpos para intensificar a emotividade e a expressão dos conflitos internos do Homem Barroco (GOMBRICH, 1999).



Ilustração D.3 - Vocação de São Mateus, (1599 - 1600). Caravaggio.

Fonte: (CARAVAGGIO, 1600).

As pinturas barrocas passaram a se apresentar em composições diagonais (expressão do desequilíbrio), com acentuados contrastes de claro-escuro (para expressar os sentimentos), com representações bastante realistas e abrangendo todas as camadas sociais. Há, em geral, uma preferência pelas tonalidades quentes e um forte aparato teatral na representação de expressões e atitudes dos personagens.

Podemos perceber, na Ilustração D.3, que Caravaggio (1571 - 1610) utiliza os efeitos de luz e sombra para dirigir a atenção do observador. Não se trata de expressar com realidade a luz solar entrando pela janela, mas de apontar a temática da obra e dar dramaticidade visual. O olhar do observador é condicionado a observar a imagem em diagonal, seguindo o fluxo de luz que entra por uma janela lateral, que sequer é vista. A pintura tem, claramente, cunho religioso, pois trata da vocação de cobrador de impostos do apostolo Mateus. Não há idealizações na pintura de Caravaggio, os personagens parecem pessoas reais, do dia a dia do pintor. Mateus se encontra sentado à mesa com homens armados de espadas, talvez seus agentes. À direita há personagens com vestimentas muito simples e de pés descalços, destoando da elegância dos homens sentados à mesa (GOMBRICH, 1999).



Ilustração D.4 - A Lição de Anatomia do Dr. Tulp, (1632). Rembrandt.

Fonte: (REMBRANDT, 1632).

Outro representante deste movimento foi Rembrandt (1606 - 1669). Em seu quadro “A Lição de Anatomia do Dr. Tulp”, Ilustração D.4, percebemos que a luz vem de algum lugar não evidenciado, mas que ilumina os personagens de forma inclinada, como se também viesse de uma janela ou iluminação posta no alto de uma parede lateral.

Percebemos também que a luz tem a função de chamar a atenção do observador para o que está sendo realizado, a aula de anatomia. Os contrastes de luz e sombra, a

gradação da claridade, os meios-tons, as penumbras que envolvem áreas de luminosidade mais intensa deixam o ambiente levemente sombrio. Não é difícil perceber que os gestos e os rostos dos personagens revelam emoções. Seus rostos e gestos expressam uma expressividade e dramaticidade desconhecidas nas obras do Renascimento (GOMBRICH, 1999).

Devemos esclarecer que as temáticas abordadas pelos países baixos, principalmente Holanda, por diversos fatores, são menos voltadas para os assuntos religiosos. Nesses países, os artistas foram chamados a produzir obras para a burguesia e para a nobreza (GOMBRICH, 1999).

É importante perceber que, apesar da noção de espacialidade ainda ser muito próximo do espaço renascentista, não há preocupação com a representação do mesmo. Na obra de Rembrandt, por exemplo, mesmo os personagens estando posicionados em distâncias e proporções bem coerentes, não há elementos que reforcem as características do espaço. O "palco" onde os objetos e personagens se encontram não era preocupação dos artistas do Barroco, os sentimentos e angústias vividas eram mais importantes.

Na transição entre o Barroco e o neoclássico, se desenvolveu um movimento que ficou conhecido como rococó. Este estilo artístico surgiu na França, como desdobramento do Barroco, e apresentava características mais leves e intimistas. O termo vem do francês *rocaille,* que era uma técnica de incrustação de conchas utilizada na decoração de grutas artificiais. Foi um estilo muito utilizado para a decoração de interiores. Os temas utilizados eram cenas galantes da vida cortesã, até mesmo carregadas de algum erotismo, temas da mitologia, pastorais e religiosos (JANSON, 2010).

D.3 O Neoclassicismo

Por volta do final do século XVIII e início do século XIX, uma tendência estética predominou nas criações dos artistas europeus. O Neoclassicismo foi um movimento de retorno aos temas clássicos do passado, com certo grau de imitação dos modelos greco-romanos. Foi um movimento mais voltado para o academicismo, onde os temas e técnicas foram ensinadas como regras nas escolas e academias de belas-artes. Nesse movimento a

arte era entendida como imitação da natureza, um tipo de retorno ao conceito da *mimesis* aristotélica [24] (JANSON, 2010).

As pinturas neoclássicas foram inspiradas principalmente nas esculturas clássicas e na pintura renascentista italiana. Uma grande influência desse movimento foi Rafael, mestre inegável do equilíbrio da composição. As obras desse período refletiam o racionalismo dominante, em sua exatidão dos contornos e harmonia do colorido, na busca do equilíbrio clássico na composição das obras (JANSON, 2010).



Ilustração D.5 - Bonaparte atravessando os Alpes, (1801). Jacques-Louis David.

Fonte: (DAVID, 1801).

Jacques-Louis David (1748 - 1825), foi considerado um dos principais pintores neoclássicos e o pintor da Revolução Francesa. Depois ele veio a se tornar o pintor oficial do Império de Napoleão, sendo responsável por retratar diversos fatos históricos ligados à vida do imperador. Suas obras geralmente expressam um vibrante realismo, no entanto apresentam algum grau de idealização nas representações do imperador. Em algumas de suas obras, pode ser percebida a expressão de fortes emoções, o que não ocorria na arte clássica e renascentista, por exemplo.

[24] A palavra *mimesis* vem do grego "*μίμησις"*, "imitação", e se refere a representação artística que busca copiar rigorosamente a natureza.

O século XIX foi fortemente agitado por mudanças sociais, políticas e culturais e muitos destes movimentos foram, em alguma medida, decorrentes da Revolução Industrial e da Revolução Francesa do final do século anterior. Considerando que o século XVIII foi marcado pela objetividade, pelas ideias do iluminismo e o uso da razão, o século XIX se iniciou fortemente marcado pelo lirismo[25], pela subjetividade, pela emoção e pela valorização do eu (JANSON, 2010).

D.4 O Romantismo

O romantismo foi um movimento artístico que surgiu nas últimas décadas do século XVIII e que ganhou abrangência filosófica, perdurando por grande parte do século XIX. As principais ideias ligadas ao romantismo são: a visão de mundo contrária ao racionalismo e ao iluminismo, forte nacionalismo, valorização das forças criativas do indivíduo e da imaginação popular (GOMBRICH, 1999).

Buscando se libertar das convenções acadêmicas e almejando a livre expressão da personalidade artística, os pintores do início do século XIX aderiram a este movimento. Como uma de suas características era a liberdade do artista em representar, os temas e estilos de pintar são muito particulares e variados. Estes artistas se opuseram à arte equilibrada dos clássicos e buscaram fortemente a inspiração na vida subjetiva, na fé, na intuição, na saudade, nos sentimentos e paixões. Os autores românticos voltaram-se cada vez mais para si mesmos, retratando o drama humano, os amores trágicos, as ideias utópicas e o escapismo da realidade cotidiana. De fato, o termo romântico se referia ao movimento estético Idealista e poético daqueles que fugiam dos sentidos de objetividade (JANSON, 2010).

Houve uma forte aproximação, na pintura romântica, das formas barrocas de composição em diagonal, sugerindo instabilidade, e dinamismo das imagens. Podemos dizer que as imagens não são estáticas, são como "fotografias" de eventos em movimento como, por exemplo, da Ilustração D.6. Se imaginarmos esta imagem como um filme de tv pausado, ao "*despausarmos"* a imagem veríamos que tudo na cena está em movimento.

[25] Na antiguidade, o termo lírico se aplicava à composição poética para ser cantada com o acompanhamento da lira, instrumento música de cordas muito comum na antiguidade. Atualmente, o termo é empregado para designar as composições e poesias repletas de emoções e romantismo.

A dramaticidade é abundante neste quadro. Mesmo não vendo as figuras humanas com clareza, de modo que se possa identificar suas faces, podemos perceber o drama humano que vivem. A expressividade do artista nos possibilita imaginar e quase sentir a angústia das personagens representadas.

Na pintura romântica há grande valorização das cores e dos efeitos de claro-escuro, todos contribuindo para dar forte dramaticidade às pinturas. Os principais temas abordados eram os fatos reais das histórias nacionais e contemporâneas, à vida dos próprios artistas, a natureza e mesmo a mitologia grega. Sempre com representações que revelam um dinamismo equivalente às emoções humanas.



Ilustração D.6 - Naufrágio de um Cargueiro, (1810). William Turner.
Fonte: (TURNER, 1810).

Um forte exemplo de dramaticidade ao se relatar fatos históricos e nacionais importantes é o quadro “Os Fuzilamentos de 3 de maio de 1808” de Francisco de Goya (1746 – 1828), Ilustração D.7. Neste quadro, Goya retrata o fuzilamento de cidadãos de Madri em uma colina nos arredores da cidade. Este fuzilamento foi decorrente de uma revolta nacionalista do povo espanhol contra o exército de Napoleão, após a tomada da cidade e aclamação de José Napoleão, irmão do imperador, como rei. Goya pintou este quadro somente após o retorno do rei Fernando VII ao trono (JANSON, 2010).

Este quadro também retrata a grande liberdade de criação e expressão de Goya ao projetar um fundo escuro, em contraste a luminosidade da cena principal, acrescentando grande dramaticidade e expressividade à obra. Não há preocupação como o espaço físico onde o evento ocorreu, só o episódio em si importa. Aqui ele representa o povo espanhol de um lado e o pelotão francês do outro e, ao centro, um homem, mártir, de braços abertos, faz alusão ao próprio Jesus Cristo. Observemos a estatura elevada desse homem, mesmo ele estando ajoelhado ele tem proporções bem aproximadas as dos atiradores e dos outros personagens da pintura (JANSON, 2010).



Ilustração D.7 - Os Fuzilamentos de 3 de maio de 1808, (1814). Goya.

Fonte: (GOYA, 1814).

Segundo Reis, Guerra e Braga (2006), Goya também reflete, nessa obra, sobre os caminhos ao qual a razão cientificista e o pensamento iluminista estavam conduzindo a humanidade. A crescente visão materialista do mundo e o racionalismo cartesiano implacável, que despreza a emotividade e reduz a visão do todo à soma das partes, eram questões presentes nas discussões do movimento romântico, que representava mais que um movimento artístico, mas também filosófico.

Com a chegada da década de 1840 um crescente movimento intelectual de valorização das ciências físicas, do fisiologismo e do empirismo convergiu para o fortalecimento de uma visão pragmática e materialista da existência humana. O ponto alto desta tendência foi a elaboração do pensamento Positivista, obra do filósofo francês

Auguste Comte (1798 - 1857). Este pensamento pragmático, materialista e fortemente Positivista impulsionou os artistas a um movimento artístico mais preocupado com os problemas contemporâneos e não com as questões do passado, dos sentimentos ou com o subjetivismo romântico.

D.5 O Realismo

A partir da segunda metade do século XIX surgiu a tendência estética do Realismo. Este movimento artístico foi fortemente impulsionado pelo desenvolvimento industrial e pela incorporação dos conhecimentos técnicos e científicos ao cotidiano e ao modo de pensar da sociedade europeia. Assim, o cientificismo, a valorização do objeto em detrimento do sentimento, a sobriedade, a expressão da realidade e o aporte descritivo passaram a fazer parte das criações artísticas (JANSON, 2010).

Na pintura, a realidade vem com o mesmo senso objetivo, não há uma busca em retocar a natureza, a beleza está na realidade tal como ela é. Os principais temas são de ordem política e de denúncia das injustiças sociais, das desigualdades sociais e da miséria dos trabalhadores, em oposição a opulência da burguesia (JANSON, 2010).

Gustave Courbet (1819 - 1877) foi considerado um dos criadores do realismo social na pintura. Nessa categoria, o artista procurou retratar a vida cotidiana das classes populares e a vida dos trabalhadores e dos mais pobres na sociedade no século XIX. O próprio Courbet se definia como um democrata, republicano e um socialista. Devemos lembrar que, nesse período, os movimentos sociais como o anarquismo e o comunismo se desenvolveram e ganharam repercussão. O livro “O Manifesto Comunista” foi escrito por Karl Marx (1818 - 1883) em 1848 e “O Capital”, um conjunto de livros sendo o primeiro escrito em 1867 e o último em 1894.

Na Ilustração D.8, Coubert retrata o trabalho pesado das mulheres que peneiravam trigo. Percebemos que não há nenhuma idealização nas representações. Vemos uma mulher bastante extenuada, encostada em vários sacos com trigo. Ao centro temos uma outra mulher, de costas, realizando o seu trabalho. Podemos perceber como ela tem braços fortes, resultado do trabalho duro que executa. Há ainda um menino que, aparentemente, procura o que comer dentro de um armário vazio.



Ilustração D.8 - Mulheres Peneirando Trigo, (1854). Gustave Courbet.

Fonte: (COURBET, 1854).

A escultura e a engenharia dessa época também merecem ser lembradas, devido à importância de dois personagens e de suas obras. Destacamos, na escultura, Auguste Rodin (1840 - 1917) que se afasta completamente das idealizações para se preocupar em reproduzir com fidelidade os seres tais como eles o são. As suas obras abordavam preferencialmente os temas contemporâneos, assumindo muitas vezes intenções políticas (JANSON, 2010). A característica principal do trabalho de Rodin era a fixação do instante mais significativo de um gesto humano. A sua principal obra, a escultura do pensador, foi feita em 1880, no entanto, a escultura em escala maior só foi terminada em 1904, Ilustração D.9.

Rodin foi contemporâneo do surgimento do Impressionismo, próxima temática que discutiremos. Ele gozou de grande prestígio em seu tempo, no entanto suas obras também foram alvo de violentas controvérsias entre os críticos, assim como aconteceu com os impressionistas. Estes críticos, por vezes, consideravam suas obras tão rebeldes quanto as dos impressionistas, em razão do desprezo à aparência externa de "acabamento". Tal como os impressionistas, ele preferia deixar algo para a imaginação do espectador. Rodin deixava até mesmo parte da pedra, na qual a escultura foi feita, em sua forma bruta para dar a impressão de que a figura estava emergindo e ganhando forma

naquele exato momento. Para o público comum, isso parecia ser uma irritante excentricidade, ou mesmo pura preguiça (GOMBRICH, 1999).

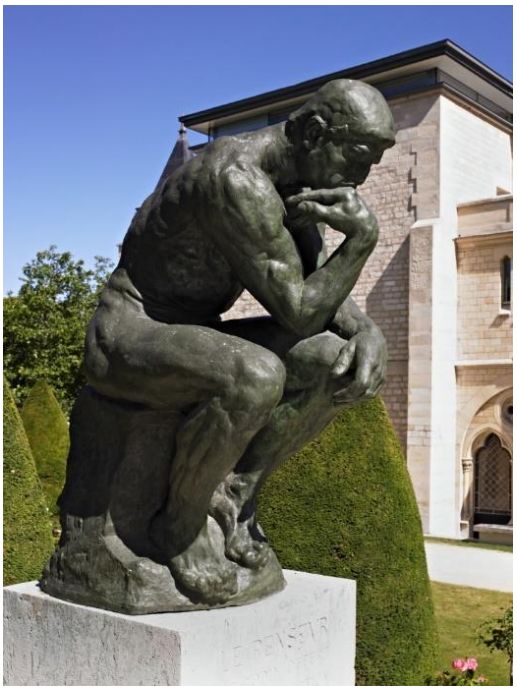


Ilustração D.9 - O Pensador, (1904). Auguste Rodin.

Fonte: (RODIN, 1904).

Na engenharia e arquitetura, destacamos a construção da Torre Eiffel, em 1889, por Gustavo Eiffel (1832 - 1923), em Paris. Sua obra representa bem a característica pragmática, na apresentação de uma torre onde a exuberância reside em sua simplicidade estrutural. Uma vez que as cidades não exigiam mais os ricos palácios e templos, mas sim fábricas, estações ferroviárias, armazéns, lojas e mesmo uma torre alta o suficiente para transmitir os sinais de rádio, recém desenvolvido.



Ilustração D.10 - Torre Eiffel. 1889.

Fonte: (VOGEL, 1889).

A Torre Eiffel foi construída com o intuito de ser uma estrutura decorativa temporária para a Exposição Universal[26] de 1889, celebrando assim o centenário da Revolução Francesa (1789). No entanto, acabou sendo posteriormente utilizada para as transmissões de rádio. Com o passar dos anos veio a se tornar um dos pontos turísticos mais conhecidos do mundo (JANSON, 2010).

Vale ressaltar que os movimentos artísticos do século XIX não ocorreram sequencialmente, como aproximadamente ocorreu com alguns dos movimentos de períodos anteriores. A partir desse momento, a criatividade ganhava diferentes formas, inspirações e motivações quase que simultaneamente. Vários movimentos artísticos deste período seguiam impulsos bastante próximos ou semelhantes, no entanto alguns deles se mostravam quase que em oposição aos outros, com representações que representavam ideias bem distintas umas das outras.

[26] As Exposições Mundiais, Internacionais ou Universais, foram os nomes dados as várias exposições públicas realizadas em diferentes países com o intuito de apresentar as grandes realizações da humanidade até o momento. A primeira grande Exposição foi realizada em Londres, Reino Unido, em 1851. Esta “Grande Exposição dos Trabalhos da Indústria de Todas as Nações”, como ficou conhecida, foi uma ideia do Príncipe Albert, marido da Rainha Victoria.

D.6 O Impressionismo

As bases do Impressionismo foram dadas por um artista que, no entanto, não fazia parte do grupo de pintores que se tornariam impressionistas. Na verdade, Edouard Manet (1832 - 1883) era de uma geração anterior a eles. Manet e seus amigos chegaram à conclusão de que todo o modo de representar a natureza, tal como a vemos, tinha se baseado, até então, em uma concepção errônea de representar pessoas e objetos sob condições artificiais. Para ele, a prática dos pintores de fazer seus modelos posarem em estúdios, onde a luz é indireta ou artificial, e utilizarem as regras de *esfumato* para a lenta transição da luz para a sombra, produzia impressões que não são percebidas ao ar livre. Os contrastes provocados pela luz direta do Sol sobre os corpos produzem violentas transições e tonalidades inesperadas. Os objetos sob a luz direta do Sol não se mostram tão arredondados ou modelados quanto parecem ser dentro dos estúdios dos pintores. Se os pintores dessem mais crédito ao que veem e menos às ideias preconcebidas sobre como as coisas devem ser, regras acadêmicas, as mais excitantes descobertas seriam possíveis (GOMBRICH, 1999).

As primeiras obras de Manet, em que ele abandonou o método de sombras suaves e adotou os contrastes fortes, causaram protestos entre artistas e críticos conservadores. Em 1863, as obras de Manet foram recusadas pelos árbitros do Salão dos Artistas Franceses, que era a exposição oficial de artes da época. Nessa época, após uma onda de protestos promovidas pelos artistas que tiveram suas obras negadas, as autoridades promoveram a exibição destas obras rejeitadas em uma exposição especial, que recebeu o nome de “Salão dos Recusados”. Este salão era bastante visitado, principalmente pelo público conservador que até lá ia para rir dos pobres e desiludidos principiantes que haviam sido recusados (JANSON, 2010).

Entre os pintores que se juntaram a Manet e ajudaram a desenvolver essas ideias estava Claude Monet (1840-1926). Foi Monet quem incitou seus amigos a abandonarem os estúdios. A ideia de Monet de que toda pintura da natureza deve ser terminada no local e a frente do seu motivo pictórico exigiu uma mudança de hábitos e novos métodos e técnicas. A “natureza” muda todo instante, quando uma nuvem passa ou o vento quebra o reflexo na água, assim o pintor não disporia de tempo para misturar e combinar suas cores. Ele teria que fixá-las através de pinceladas rápidas, preocupando se mais com os

efeitos gerais, o todo, e cuidando menos de detalhes. Justamente esta falta de acabamento que enfurecia os críticos (GOMBRICH, 1999).

Tanto o Realismo como o Impressionismo são movimentos artísticos que se enquadram na corrente estilística Naturalista, eles são descritivos, buscam descrever como percebem a natureza. Entretanto, o conteúdo expressivo do Realismo é a dignidade da realidade física, é a beleza da realidade do mundo como ele é. No Impressionismo, não é a materialidade das coisas que está em foco, mas um fenômeno imaterial, a luminosidade atmosférica. É a transfiguração dos objetos, promovida pela mudança da luminosidade atmosférica com o passar dos dias e das estações que importa para o impressionismo (OSTROWER, 1998).

O nome do movimento, Impressionismo, surgiu de uma crítica feita a um dos primeiros quadros de Claude Monet (1840 - 1926) a ser exposto no salão dos recusados em Paris, abril de 1874. O quadro "Impressão, nascer do sol" (1872), Ilustração D.11, foi duramente criticado pelo pintor e escritor Louis Leroy. Em sua crítica, ele chega a dizer que um papel de parede seria mais elaborado que a cena pintada por Monet. O termo "impressionistas", que foi utilizado pelo crítico de forma pejorativa, acabou sendo adotado por Monet e seus colegas para dar nome ao movimento (JANSON, 2010).

Os artistas do impressionismo selecionam as impressões visuais do mundo que os sensibilizam no momento em que a percepção ocorre. Esta experiência sensível é que era valorizada. As principais características desse movimento repousam no registro das tonalidades adquiridas quando os objetos refletem a luz solar. A ausência de contornos nítidos nas imagens também é característica das pinturas. A técnica de luz e sombra foi pervertida em nuances coloridos, tal qual nos aparece na vida real. Estes contrastes são obtidos segundo as regras de cores complementares[27]. As tintas não eram misturadas, as tonalidades eram obtidas por pequenas pinceladas justapostas que produziam a composição dos coloridos vibrantes, vistas a determinada distância. Assim, a mistura de cores deixou de ser técnica para ser óptica (OSTROWER, 1998).

[27] As cores complementares são consideradas opostas. Assim, um amarelo próximo a um violeta produz uma impressão de luz e de sombra muito mais real do que o claro-escuro tão valorizado pelos pintores barrocos.

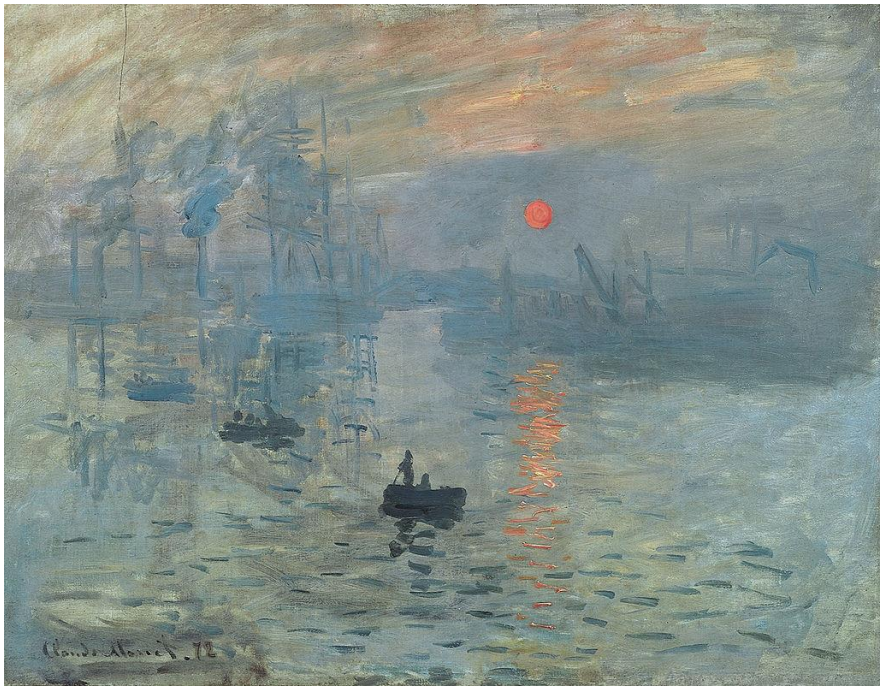


Ilustração D.11 - Impressão, nascer do sol, (1872). Claude Monet.

Fonte: (MONET, 1872).

As temáticas dos quadros Impressionista são mais leves e recreativas. Os pintores impressionistas, em geral, pintavam sobre a boa vida, os lazeres burgueses, a boemia ou a natureza. O quadro “O Almoço dos Remadores”, Ilustração D.12, mostra um grupo de amigos de Renoir relaxando numa varanda da *Maison Fournaise*, ao longo do rio Sena, França. Neste quadro, Renoir combina a natureza-morta e a paisagem num só trabalho, onde ele é capaz de captar a intensa luminosidade que vem da grande varanda. Sem dúvida é uma representação muito suave e alegre da vida burguesa (JANSON, 2010).

O movimento Impressionista revolucionou profundamente a pintura e deu início às grandes tendências da arte do século XX. Vale ressaltar dois acontecimentos que contribuíram para a mudança no modo de ver o mundo, em meados do século XIX. O desenvolvimento da máquina fotográfica ocorreu durante os anos de ascensão da pintura impressionista e ajudou a descobrir o encanto da cena fortuita e do ângulo inesperado. Como não mais havia a necessidade de um pintor para executar uma tarefa que um dispositivo mecânico podia realizar melhor e mais barato, os artistas foram impulsionados ao caminho da exploração e experimentação. Eles se viram cada vez mais compelidos a explorar regiões onde a fotografia não poderia acompanhá-los (GOMBRICH, 1999).



Ilustração D.12 - O almoço dos remadores, (1881). Pierre-Auguste Renoir.

Fonte: (RENOIR, 1881).

Outro fato foi que, em meados do século XIX, o Japão foi forçado a estreitar relações comerciais com a Europa e a América. Os produtos japoneses que invadiram os cafés e lojas da Europa e américa vinham com invólucros e enchimentos de papel pintados com estampas e figuras que encantaram os artistas do círculo de Manet. Tornou-se um hábito colecionar avidamente essas estampas. Ao que parece, eles descobriram aí uma tradição não contaminada pelas regras e clichês acadêmicos. Foi esse arrojado desdém por regras elementares da pintura europeia que exerceu grande efeito sobre os impressionistas e sobre diversos artistas posteriores (JANSON, 2010).

Segundo Gombrich (1999), apesar de muitos pensarem que os impressionistas foram os primeiros dos modernos, porque desafiaram certas regras da pintura acadêmica, estes últimos não divergiram dos propósitos artísticos de descoberta da natureza desenvolvidos desde a Renascença. Também era o interesse dos impressionistas pintar a natureza tal como a viam, a sua divergência com a arte conservadora de então estava dirigida aos meios para alcançar tal objetivo. Suas explorações com as cores e suas experiências com as pinceladas soltas objetivavam à criação de uma réplica ainda mais perfeita das impressões visuais dos corpos reais.

D.7 O Pós-Impressionismo (Expressionismo)

Voltando a refletir sobre o contexto de época, percebemos que a ideia de progresso permeou as mentes do século XIX de forma abrangente e controversa. Como já mencionado, o século do positivismo e do evolucionismo, do grande crescimento das cidades, da industrialização, e do êxodo dos trabalhadores do campo, provocou grandes mudanças nas sociedades e nos indivíduos (HOBSBAWM, 2011C). Este progresso e seus efeitos também foram sentidos nos motivos artísticos. A maior parte dos artistas rejeitou a forma como este progresso mudou as vidas das pessoas. Muitos buscaram alternativas espirituais, utópicas ou um retorno a uma suposta pureza primitiva, o que resultou em uma amalgama de estilos e movimentos. Os artistas que participaram desse momento da arte são considerados como pós-impressionistas. Esta denominação se deve ao fato de pintores como Paul Cézanne, Georges Seurat, Vincent van Gogh e Paul Gauguin, desenvolverem estilos únicos e bastante pessoais, mas que, de alguma forma, tiveram como ponto de partida ou de passagem as realizações dos impressionistas. Eles não desenvolveram uma visão coletiva, como os impressionistas fizeram, em vez disso, cada artista desenvolveu a sua estética pessoal. No entanto, existem elementos que possibilitam unificar a arte deste período, entre 1880 e 1904 (JANSON, 2010).

Estes artistas buscaram inspiração na arte japonesa e mantiveram uma forte atitude antiburguesa e antiacadêmica, assim como os impressionistas. Eles continuaram a tendência de priorizar as cooperativas artísticas e galerias privadas para promoverem as suas obras, fugindo dos salões oficiais. Juntamente com outros movimentos, como o Simbolismo e a *Art Nouveau* (Nova arte), eles tomaram como ponto de partida as inovações formais de Manet e dos Impressionistas para criarem obras mais voltadas para o abstrato do que obras representativas. Os trabalhos representavam frequentemente o fantástico, o espiritual e o onírico, talvez por estarem à procura de um alívio para o materialismo e um significado para a existência. Enquanto o realismo e o impressionismo tinham procurado captar a essência do mundo moderno, os artistas pós-impressionistas lutaram principalmente para se libertarem dele (JANSON, 2010).

A partir deste momento, valerá a pena mencionarmos os principais artistas de forma mais direta, devido ao fato de os pós-impressionistas apresentarem características

muito pessoais e peculiares uns dos outros e influenciarem movimentos posteriores que também se destacaram uns dos outros.

D.7.1 Georges-Pierre Seurat

O extremo da técnica impressionista foi desenvolvido por Georges-Pierre Seurat (1859 - 1891), mestre do pontilhismo. Assim como Cézanne, Seurat quis aproximar o impressionismo dos grandes mestres do passado. O seu trabalho mais importante, “Uma Tarde de Domingo na Ilha de Grande Jatte” (1884 - 1886), deu o tom e a direção da arte moderna a partir de então. Esta obra foi exposta na última exposição impressionista, em 1886, data que serve de marco para a ascensão do pós-impressionismo.



Ilustração D.13 - Tarde de Domingo na Ilha de Jatte, (1884). Georges Seurat.
Fonte: (SEURAT, 1884).

Este trabalho, Ilustração D.13, é um dos ícones da pintura do século XIX e apresenta claras raízes no realismo de Manet, uma cena de lazer da classe média. A pintura apresenta cortesã que passeia com um macaco na coleira, o barqueiro, o homem

de camiseta fumando um cachimbo. Seurat declarou que desejava fazer desfilar as suas figuras como se fossem as estátuas gregas, em suas formas essenciais (JANSON, 2010).

Georges Seurat (1859 - 1891) buscou explorar mais longe ainda o ideal Impressionista a respeito do uso de cores que se combinam apena opticamente e tomou como ponto de partida o método impressionista de pintura. Ele pôs-se a estudar a teoria científica da visão cromática e decidiu construir seus quadros por meio de pequenas e regulares pinceladas de cor ininterrupta como um mosaico. Ele objetivava, com seus estudos, que às misturas de cores ocorressem nos olhos, e no cérebro, dos observadores sem que perdessem sua intensidade e luminosidade. Essa técnica extrema ganhou o nome de pontilhismo, entretanto, ao evitar todos os contornos e decompor cada forma em áreas de pontos multicoloridos, ele poderia pôr em perigo a legibilidade dos quadros. Foi então que ele se sentiu impelido a compensar a complexidade de sua técnica com uma simplificação das formas, ainda mais radical do que a realizada por Cézanne (GOMBRICH, 1999).

D.7.2 Paul Cézanne

Apesar de Cézanne (1839-1906) pertencer à geração dos impressionistas, sete anos mais jovem do que Manet e dois anos mais velho do que Renoir, ele conseguiu desenvolver um estilo próprio e inovador que se desenvolveu paralelamente ao dos artistas impressionistas mais importantes da época.

Alimentando uma posição antiburguesa e antiacadêmica, em consonância com seus colegas impressionistas, suas primeiras obras tinham claramente o intuito de chocar o júri do Salão das Telas em Paris. Após se afastar dos grandes centros urbanos ele se voltou mais para pintura de paisagens, buscando construir uma arte mais sólida e consistente, que se comparasse as pinturas dos grandes mestres, expostas nos museus, tendo como ponto de partida as descobertas do Impressionismo (JANSON, 2010).

Apesar de se afinar com a dissolução de contornos firmes e a descoberta de sombras coloridas dos quadros impressionistas, Cézanne sentia-se incomodado com a perda de ordem e clareza em muitos dos quadros impressionistas. Para ele, muitos destes quadros tendiam a ser obras brilhantes, mas confusas. Assim, ele partiu em busca desta clareza e harmonia que julgava ter sido perdida (GOMBRICH, 1999).

Este estilo próprio e mais consistente foi atingido plenamente em sua obra: "*Mont Sainte-Victoire com Large Pine,*"Ilustração D.14, produzida entre 1885 e 1887. Esta pintura apresenta as características típicas do Impressionismo, com uma paisagem cheia de luz, largas pinceladas e cores razoavelmente vivas. Vemos nesta tela os ramos ondulados e curvados da árvore em primeiro plano, assim como encontramos a mesma sinuosidade nas montanhas e colinas ao fundo. A forma "cúbica" da casa, imediatamente à direita do tronco da árvore, também é percebida nos pastos verdes planiformes.

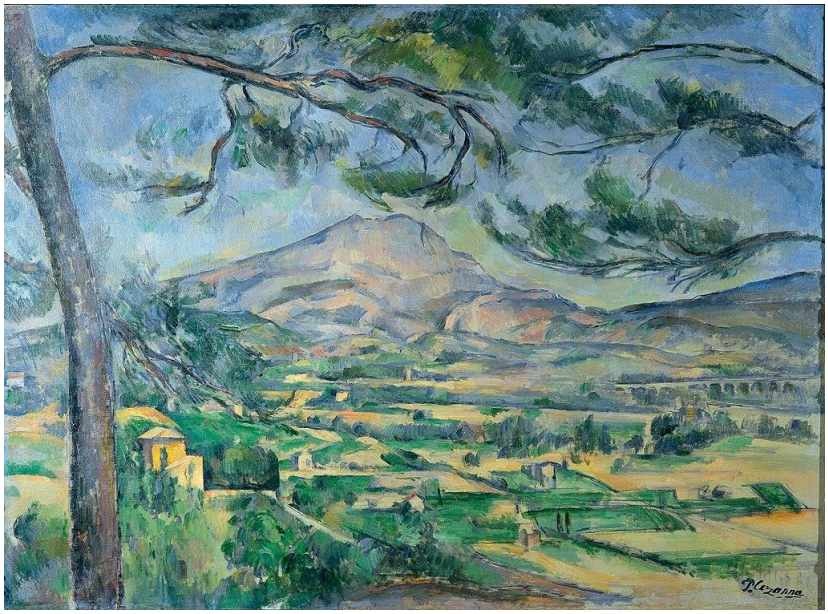


Ilustração D.14 - *Mont Sainte-Victoire com Large Pine,* (1887). Paul Cézanne.
Fonte: (CÉZANNE, 1887).

As pinceladas vacilantes dos Impressionistas estão presentes e bastante nítidas, mas a imagem apresenta uma imobilidade estrutural. Cada linha pode ser lida como sombras que dão uma sensação de profundidade, como por exemplo no cume da montanha, ou então como simples linhas de contorno. A Montanha *Sainte-Victoire* foi um dos motivos preferidos do pintor, beirando a obsessão, sendo o motivo pictórico de cerca de 60 pinturas e aquarelas (JANSON, 2010).

Nos últimos dez anos da sua vida, Cézanne abandonou a observação fiel da realidade e passou a criar seu próprio universo pictórico, como em mais uma das pinturas da Montanha *Sainte-Victoire,* pintado entre 1904 e 1906,Ilustração D.15.

A profundidade patente na primeira vista da montanha, Ilustração D.14, foi substituída por uma versão mais comprimida, Ilustração D.15, onde a sobreposição de objetos figurativos é usada como artifício para sugerir profundidade. As árvores em primeiro plano extravasam pela superfície da pedreira e a árvore no canto superior direito espalha-se pelo céu. A própria montanha praticamente se funde ao colorido do céu, a não ser pela ténue linha que a contorna. Podemos notar o forte direcionamento para a abstração (JANSON, 2010). Não é de se espantar que o próprio Pablo Picasso viria a citar esta e outras obras de Cézanne, como uma de suas inspirações. Percebemos o quanto Cézanne se utilizou das representações cúbicas para as figuras do vale e das casas. Até mesmo a montanha está repleta de pinceladas que nos sugerem representações cúbicas.



Ilustração D.15 - *Mont Sainte-Victoire,* (1906). Paul Cézanne.
Fonte: (CÉZANNE, 1906).

Já a obra “A Cesta de Maçãs”, de 1895, Ilustração D.16, é frequentemente conhecida por sua perspectiva desconexa, apesar disso, ela apresenta uma composição equilibrada devido às suas partes desequilibradas se harmonizarem. A garrafa inclinada, a inclinação da cesta e as linhas encurtadas dos biscoitos se harmonizam com as linhas da toalha de mesa. Outra constatação importante é que o lado direito da mesa não se encontra no mesmo plano que o lado esquerdo, com relação a toalha da mesa. O que deixa transparecer que a imagem reflete dois pontos de vista, simultaneamente. Foram pinturas

como essa que ajudaram a formar uma ponte mais suave que conduziria do impressionismo até o cubismo (JANSON, 2010). Não que exista uma influência direta entre os movimentos, mas, inegavelmente, os Cubistas conviveram de perto com a arte Impressionista e pós-impressionista.



Ilustração D.16 - A cesta de maçãs, (1893). Paul Cézanne.

Fonte: (CÉZANNE, 1893).

Cézanne não tinha o propósito deliberado de distorcer a natureza, mas se fosse necessário distorcê-la para obter o efeito desejado ele não hesitava em fazê-lo. A própria "perspectiva linear" não o interessou excessivamente, assim que percebeu que ela dificultava o seu trabalho, tratou de abandoná-la. Isso talvez porque Cézanne não tinha a intensão de criar a ilusão da realidade, como era o propósito da perspectiva linear. Seu esforço por transmitir a sensação de solidez e profundidade sem recorrer ao desenho convencional iniciou um movimento irreprimível e arrasador em arte (JANSON, 2010).

D.7.3 Vincent van Gogh

Enquanto Seurat era o centro das atenções em Paris e Cézanne permanecia trabalhando em seu retiro de campo, Vincent van Gogh (1853 - 1890), um jovem holandês, trocava a conturbada Paris pelo Sul da França, por volta de 1888. Ele era um

homem profundamente religioso, de origem protestante e chegou a ser pregador. Depois de uma formação artística rudimentar, passou os anos de 1883 a 1885 pintando o vicariato da família (o pai era pastor), na aldeia de *Nuenen*, na Holanda (GOMBRICH, 1999).

Nascido e vivendo sua juventude nesse ambiente religioso, ele se sentia profundamente tocado pela dignidade, espiritualidade e solidez dos camponeses empobrecidos. A sua principal obra deste período, "Os Comedores de Batatas", reflete a sua compaixão e o respeito pelas classes desfavorecidas. Nessa obra é possível perceber a admiração e o respeito de van Gogh por uma vida simples, baseada no contato com a natureza, o que despertou nele a desconfiança relativa aos valores burgueses e à modernidade urbana (JANSON, 2010).

Já em Paris, ele foi fortemente estimulado pelo Impressionismo e pela arte japonesa. Ele queria que sua pintura tivesse o efeito direto e forte das gravuras japonesas, tão admiradas por muitos pintores da época. Ansiava por uma arte simples e despojada que atraísse os ricos conhecedores de artes na mesma medida que propiciasse alegria e consolo aos mais humildes (GOMBRICH, 1999).



Ilustração D.17 - A Noite Estrelada, (1889). Vincent van Gogh.

Fonte: (GOGH, 1889).

Suas fortes e descontroladas emoções subiram à tona e a suas telas se tornaram cada vez mais abstratas e expressionistas. Ele se serviu dos coloridos fortes e vibrantes e das pinceladas agressivas para transmitir emoção, não tinha interesse em documentar a realidade. Em sua tela "Noite Estrelada", Ilustração D.17, vemos um vale escondido, onde

as luzes das simples casas rurais brilham um amarelado que, de alguma forma, as une ao brilho das estrelas do céu noturno. Em primeiro plano temos uma grande árvore conífera que ascende em espiral, paralelo ao campanário da igreja. O céu é iluminado pelo brilho espetacular das estrelas. A ondulação sinuosa das montanhas parece se refletir nos halos das estrelas e nas nuvens em movimento. Apesar do movimento frenético da atmosfera, existe algo de sereno e harmonioso neste quadro. Como se quisesse expressar o infindável, porém harmonioso, movimento do universo (JANSON, 2010).

Apesar da sua frenética produção artística e seus impulsos humanitários, van Gogh era um homem depressivo e angustiado com a realidade da vida. Esse estado de espírito acabou levando-o ao suicídio, aos 37 anos de idade, um ano depois de pintar a “Noite Estrelada” (GOMBRICH, 1999).

Ele pintou, desde o exuberante Sol radiante e as estrelas, como também as coisas humildes e caseiras que ninguém imaginaria serem dignas da atenção de um artista, como seus modestos aposentos em *Arles*, Ilustração D.18, cidade do interior da França. É fácil perceber que Van Gogh não estava interessado na representação realista ou idealista. O uso das cores fortes e formas em perspectivas e planos diferentes foram utilizadas para transmitir o que sentia a respeito das coisas. Não há nesse quadro preocupação com a realidade, ou exatidão da representação da natureza, ele exagerava e mudava a aparência das coisas, caso isso fosse apropriado para conduzir os outros a sentirem com seus quadros aquilo que ele desejava (JANSON, 2010)

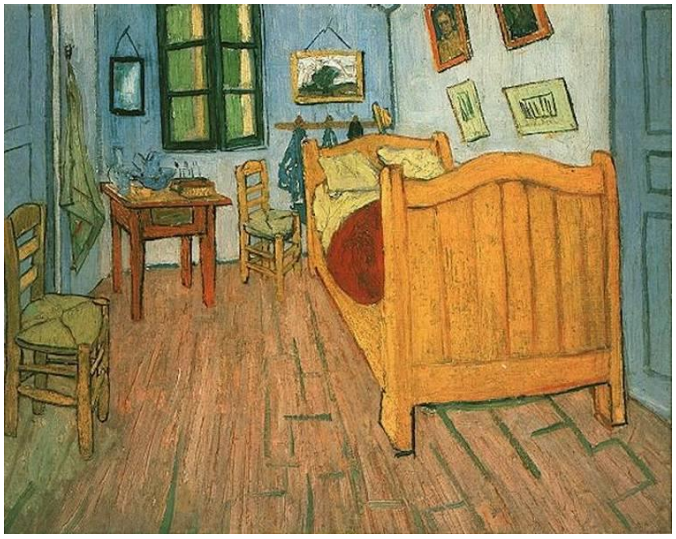


Ilustração D.18 - O Quarto em Arles, (1889). Vincent van Gogh.

Fonte: (GOGH, 1889).

Tanto van Gogh quanto Cézanne chegaram a conjunturas semelhantes, mas por caminhos diferentes. Ambos deram passos importantes rumo ao abandono da noção de pintura como “imitação da natureza”. Enquanto Cézanne queria explorar as relações de formas e cores, aproveitando da perspectiva “correta” apena o que fosse necessário, van Gogh queria expressar o que ele sentia, e, se a distorção o ajudasse nisso, ele utilizava da distorção. Ambos não tinham a intenção deliberada de derrubar os antigos padrões de arte, não se colocavam como “revolucionários”, assim procediam porque sentiam que era necessário (GOMBRICH, 1999).

D.7.4 Paul Gauguin

Assim como van Gogh, Paul Gauguin (1848 - 1903) também repudiava a civilização urbana moderna estabelecida durante o século XIX. Ele também ansiava por uma alternativa de vida simples e utópica. Assim como van Gogh e Cézanne, ele se afastou dos centros urbanos, no entanto de forma ainda mais radical. Após perder seu emprego de corretor de bolsa de valores, ele se dedicou e aprofundou no mundo da pintura. Gauguin chegou a participar das quatro últimas exposições de arte impressionista, de 1881 até 1886 (GOMBRICH, 1999).

Foi então que ele deixou Paris em busca de uma vida que fosse mais significativa para ele mesmo. Gauguin se estabeleceu por algum tempo em uma comunidade rural do interior da Bretanha. Apesar da tranquilidade rural, Gauguin continuava inquieto, ele ansiava por algo ainda mais primitivo, é quando ele parte para uma viagem à colónia francesa do Taiti, em 1891. No Taiti, o pintor esperava viver uma vida primitiva, como num Jardim do Éden tropical, e buscava descobrir as verdades básicas sobre a existência humana. Retornando para a comunidade rural na Bretanha, ele desenvolveu o seu estilo essencial, que chamou de Sintetismo. Nesse estilo, a base inspiradora são as emoções, a imaginação e o ideal de fugir da reprodução mimética e do empirismo realista (GOMBRICH, 1999). É nesse momento que ele pinta o quadro “De Onde Vimos? Quem Somos? Para Onde Vamos?”, Ilustração D.19, datado de 1887.

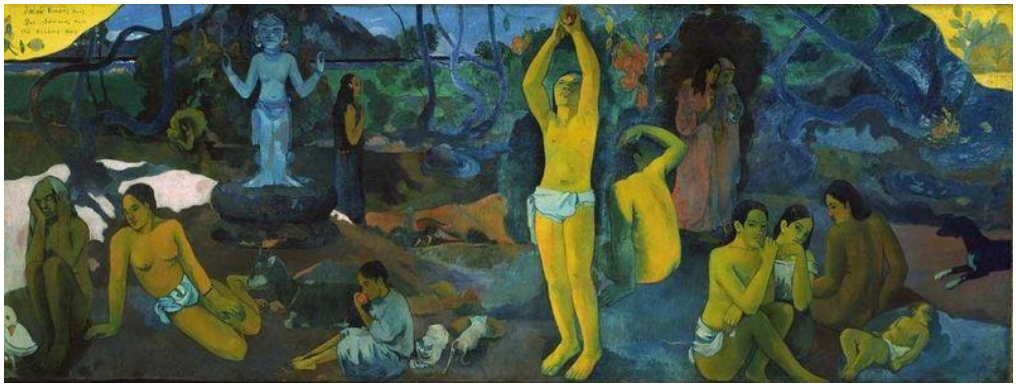


Ilustração D.19 - De onde vimos? Para onde vamos? Quem somos? (1897). Gauguin.

Fonte: (GAUGUIN, 1898).

Neste quadro, o pintor retrata as árvores ofertando seus frutos, prontos a serem colhidos pelo personagem central, uma espécie de Eva taitiana. Uma estatueta de um deus regula o bem-estar dos indivíduos da ilha, distribuindo bênçãos. Há uma aura de intensa espiritualidade em cada aspecto da vida quotidiana. A paisagem tropical é densa, luxuriante e sensual, a vida é lânguida e despreocupada como se, nesse lugar, o tempo tivesse parado. Gauguin busca a simplicidade em suas representações nesse quadro, os troncos dos corpos estão retorcidos, se assemelhando a figuras egípcias, e os cantos dourados lembram os primeiros ícones bizantinos e renascentistas. As formas e as cores ousadas das gravuras japonesas também se refletem nesse quadro. Toda a pintura é uma síntese notável de culturas e religiões, que testemunha o desejo de Gauguin em representar a essência da humanidade (JANSON, 2010).

Antes de Gauguin, nenhum artista havia ousado aplicar tão profundamente o ideal de primitivismo, como era conhecida esta busca pela essência humana. Gauguin acreditava que a renovação da pintura e mesmo da civilização ocidental viria do exterior, do abandono das formas greco-romanas e da busca pelas culturas do oriente, como a Pérsia, o oriente próximo e o antigo Egito. A ideia tinha origem no mito romântico do nobre selvagem e das ideias do Iluminismo, contudo, a origem mais ancestral derivava de uma crença atemporal no paraíso terrestre (JANSON, 2010).

Gauguin, assim como Cézanne e Van Gogh foram três homens desesperadamente solitários, que trabalharam com pouca esperança de vir a ser alguma vez compreendidos. Mas os problemas de sua arte, dos quais tinham uma consciência tão dolorosa, foram sentidos por um número cada vez maior de artistas da geração mais jovem, que não encontravam satisfação na habilidade adquirida nas escolas de arte (JANSON, 2010).

D.7.5 Edvard Münch

Muito da pintura de Edvar Münch (1863 - 1944), foi influenciada pelos padrões compositivos de Gauguin, assim como pelo seu poder de abstração e o desejo de explorar as forças psicológicas mais elementares da civilização moderna. Não é difícil perceber o intenso colorido de Gauguin e as fortes pinceladas de Van Gogh nos seus quadros. Os temas de Münch eram sobre a sexualidade e sobre o significado da existência, levando-o aos lugares mais recônditos da mente (GOMBRICH, 1999).

Em sua obra mais conhecida, “O Grito”, Ilustração D.20(b), Münch criou uma imagem de angústia e terror que expressa com muita força os horrores que podem residir na alma humana. Pintando em 1893, ele representa uma figura grotesca, andrógena, comprimida e contorcida. A personagem agarra a cabeça com as mãos expressando um medo primordial (JANSON, 2010).



Ilustração D.20 - (a) Desespero (1894); (b) O Grito (1893). Münch.
Fonte: (a) (MÜNCH, 1894); (b) (MÜNCH, 1893).

Nesse quadro, todas as linhas parecem conduzir a um único foco, a cabeça daquele ser que grita desesperadamente. Todo o cenário participa da angústia externada pelo grito. O ser que grita é distorcido, não sendo possível distinguir se é um homem ou mulher. É apenas um ser humano que sofre.

O Grito faz parte de uma série de quatro pinturas de Münch, produzidas entre 1892 e 1896. Antes de “O Grito”, ele fez vários esboços de “Desespero” até finalizar com o quadro da Ilustração D.20(a). Münch pintou, ainda, “Ansiedade”, em 1894 e “Melancolia”, em 1896, Ilustração D.21(a) e (b), compondo assim o conjunto de quadros que expressa as angústias da mente humana.



Ilustração D.21 - (a) Ansiedade (1894); (b) Melancolia (1896). Münch.
Fonte: (a) (MÜNCH, 1894); (b) (MÜNCH, 1896).

Münch é considerado um dos iniciadores do movimento que, de fato, ficou conhecido como Expressionismo. Sua interpretação pessoal da realidade ajudou a abrir caminho para este movimento, onde “O Grito” seria uma das obras mais importantes.

Uma forte inspiração de “O Grito” pode ter sido seus próprios dramas pessoais, uma vez que, após ter vivido a morte da mãe e de uma irmã mais nova, foi criado por um pai controlador. Ao sair de casa em busca da carreira de pintor se relacionou com uma mulher casada que lhe trouxe muito desgosto. Por fim descobriu que sua outra irmã sofria de transtorno bipolar, o que a levou a ser internada em um asilo psiquiátrico. Além disso, alguns especialistas acreditam que “O Grito” retrate os obscuros dramas da sociedade moderna (JANSON, 2010).

REFERÊNCIAS

GOMBRICH, E. H. **A história da arte**. Tradução de Álvaro Cabral. 16ª. ed. Rio de Janeiro: LTR–Livros Técnicos e Científicos Editora SA, 1999.

HOBSBAWM, E. **A Era dos Impérios:** 1875-1914. 13ª. ed. São Paulo: Editora Paz e Terra, 2011C.

JANSON, H. W. **A Nova História da Arte de Janson:** a tradição ocidental. 9ª. ed. Lisboa: Fundação Calouste Gulbenkian, 2010.

OSTROWER, F. **A Sensibilidade do Intelecto**. 3ª. ed. Rio de Janeiro: Campus, 1998.

REIS, J. C.; GUERRA, A.; BRAGA, M. Ciência e arte: relações improváveis? **História, Ciências, Saúde–Manguinhos**, v. 13, p. 71-87, 2006.

THUILLIER, P. **De Arquimedes a Einstein:** A face oculta da invenção científica. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1994.

REFERÊNCIAS DAS ILUSTRAÇÔES

BUONINSEGNA, D. **Entry into Jerusalem (scene 1)**, 1311. Afresco. Disponivel em: <https://www.wga.hu/index1.html >. Acesso em: 25 mar. 2021.

CARAVAGGIO. **The Calling of Saint Matthew**, 1600. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://www.wga.hu/frames-e.html?/html/d/duccio/buoninse/maesta/verso_1/verso01.html >. Acesso em: 25 mar. 2021.

CÉZANNE, P. **Montagne Sainte-Victoire with Large Pine**, 1887. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://courtauld.ac.uk/gallery/collection/impressionism-post-impressionism/paul-cezanne-mount-sainte-victoire-with-a-large-pine >. Acesso em: 25 mar. 2021.

CÉZANNE, P. **The Basket of Apples**, 1893. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://www.artic.edu/artworks/111436/the-basket-of-apples >. Acesso em: 25 mar. 2021.

CÉZANNE, P. **Mont Sainte-Victoire**, 1906. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://www.philamuseum.org/collections/permanent/71967.html?mulR=494095975|78 >. Acesso em: 25 mar. 2021.

COURBET, G. **Les Cribleuses de blé**, 1854. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://museedartsdenantes.nantesmetropole.fr/home/au-cur-du-musee/les-collections/le-19-siecle/courbet.html >. Acesso em: 25 mar. 2021.

DAVID, J.-L. **Bonaparte, Calm on a Fiery Steed, Crossing the Alps**, 1801. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://www.wga.hu/frames-e.html?/html/d/duccio/buoninse/maesta/verso_1/verso01.html >. Acesso em: 25 mar. 2021.

GAUGUIN, P. **Where Do We Come From? What Are We? Where Are We Going?**, 1898. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://collections.mfa.org/objects/32558/where-do-we-come-from-what-are-we-where-are-we-going?ctx=06c67396-21a6-4ffa-9c50-86315c983ff4&idx=23 >. Acesso em: 25 mar. 2021.

GOGH, V. V. **The Starry Night**, 1889. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://www.moma.org/learn/moma_learning/vincent-van-gogh-the-starry-night-1889/ >. Acesso em: 25 mar. 2021.

GOGH, V. V. **Van Gogh's Bedrooms**, 1889. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://www.artic.edu/exhibitions/1865/van-gogh-s-bedrooms >. Acesso em: 25 mar. 2021.

GOYA, F. D. **The 3rd of May 1808 in Madrid, or "The Executions"**, 1814. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://www.museodelprado.es/en/the-collection/art-work/the-3rd-of-may-1808-in-madrid-or-the-executions/5e177409-2993-4240-97fb-847a02c6496c?searchid=265ed532-1d97-ba94-969e-583e30304273 >. Acesso em: 25 mar. 2021.

MONET, C. **Impression, Soleil Levant**, 1872. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://www.marmottan.fr/notice/4014/ >. Acesso em: 25 mar. 2021.

MÜNCH, E. **The Scream**, 1893. Tempera sobre tela. Disponivel em: <https://www.nasjonalmuseet.no/en/collection/object/NG.M.00939 >. Acesso em: 25 mar. 2021.

MÜNCH, E. **Angst**, 1894. Disponivel em: <https://munch.emuseum.com/objects/3314/angst?ctx=3bd67614-66ba-42ab-b4f2-b5008327e0e8&idx=2 >. Acesso em: 25 mar. 2021.

MÜNCH, E. **Fortvilelse**, 1894. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://munch.emuseum.com/objects/3312/fortvilelse >. Acesso em: 25 mar. 2021.

MÜNCH, E. **Aften. Melankoli I**, 1896. Xilogravura. Disponivel em: <https://munch.emuseum.com/objects/8230/aften-melankoli-i?ctx=8a9ac60a-bf55-4471-9a09-fa7e48e53c31&idx=6 >. Acesso em: 25 mar. 2021.

REMBRANDT, V. R. **The Anatomy Lesson of Dr Nicolaes Tulp**, 1632. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://www.mauritshuis.nl/en/explore/the-collection/artworks/the-anatomy-lesson-of-dr-nicolaes-tulp-146/detailgegevens/ >. Acesso em: 25 mar. 2021.

RENOIR, P.-A. **Luncheon Of The Boating Party**, 1881. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://www.phillipscollection.org/collection/luncheon-boating-party >. Acesso em: 25 mar. 2021.

RODIN, A. **Le Penseur, grand modèle**, 1904. Esculpido em bronze. Disponivel em: <https://collections.musee-rodin.fr/en/museum/rodin/le-penseur-grand-modele/S.01295?q=Le+Penseur&pageDocId=cb484241-182b-4a34-8833-0a70cbab6e12&position=1 >. Acesso em: 25 mar. 2021.

SANZIO, R. **The Marriage of the Virgin**, 1504. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://pinacotecabrera.org/en/collezione-online/opere/the-marriage-of-the-virgin/>. Acesso em: 25 mar. 2021.

SEURAT, G. **A Sunday on La Grande Jatte**, 1884. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://www.artic.edu/artworks/27992/a-sunday-on-la-grande-jatte-1884>. Acesso em: 25 mar. 2021.

TURNER, W. **The Wreck of a Transport Ship,** 1810. Óleo sobre tela. Disponivel em: <https://gulbenkian.pt/museu/en/works_museu/the-wreck-of-a-transport-ship/>. Acesso em: 25 mar. 2021.

VOGEL, R. M. **The Eiffel Tower at the time of the**, 1889. Ilustração. Disponivel em: <https://www.gutenberg.org/files/32282/32282-h/32282-h.htm>. Acesso em: 25 mar. 2021.