



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO
PRÓ REITORIA DE PESQUISA E PÓS GRADUAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENSINO DAS CIÊNCIAS

FRAGMENTAÇÕES EM SISTEMAS DE CONSTRUCTOS KELLYANOS ASSOCIADOS
AO CONCEITO DE COR DA ÓPTICA

Charles Teruhiko Turuda

Recife – 2020

Charles Teruhiko Turuda

FRAGMENTAÇÕES DE SISTEMAS DE CONSTRUCTOS KELLYANOS ASSOCIADOS
AO CONCEITO DE COR DA ÓPTICA

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: Dr. Alexandro Cardoso Tenório.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal Rural de Pernambuco
Sistema Integrado de Bibliotecas
Gerada automaticamente, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

T962f Turuda, Charles Teruhiko
Fragmentações em Sistemas de Constructos Kellyanos Associados ao Conceito de Cor da Óptica / Charles Teruhiko
Turuda. - 2020.
162 f. : il.

Orientador: Alexandro Cardoso .
Inclui referências, apêndice(s) e anexo(s).

Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Recife, 2021.

1. Fragmentações. 2. Constructos. 3. Cor. 4. Óptica. 5. Física. I. , Alexandro Cardoso, orient. II. Título

CDD 507

CHARLES TERUHIKO TURUDA

**FRAGMENTAÇÕES EM SISTEMAS DE CONSTRUCTOS KELLYANOS
ASSOCIADOS AO CONCEITO DE COR DA ÓPTICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, da Universidade Federal Rural de Pernambuco, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Orientador: Dr. Alexandre Cardoso Tenório.

BANCA EXAMINADORA

Dr. Alexandre Tenório Cardoso (Orientador/Presidente da Banca Avaliadora)
UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco

PhD. Heloisa Flora Brasil Nóbrega Bastos (Avaliadora externa)
UFAPE – Universidade Federal do Agreste de Pernambuco

Dra. Monica Lopes Folena Araujo (Avaliadora Interna)
UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco

DEDICATÓRIA

À minha família.
Restrita e estendida.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pelo dom da existência.

À minha família, pelo apoio e pela inspiração constantes. Embora estejam distantes fisicamente, sempre me acompanham mental e espiritualmente.

À Universidade Federal Rural de Pernambuco, pelos dois anos em que atuei como professor substituto no então Departamento de Física e Matemática, e por todos os anos passados nesse maravilhoso programa de mestrado em Ensino de Ciências e Matemática.

A todos os professores desse programa de pós-graduação, pelos ensinamentos preciosos em todos os aspectos da vida, em especial, os humanos. Agradecimentos particulares a meu orientador, o professor Dr. Alexandro Tenório Cardoso e às professoras Dra. Heloisa Flora Brasil Nóbrega Bastos e Dra. Monica Lopes Folena Araujo. O professor Alexandro sempre foi muito mais do que mero orientador. Muitas e muitas vezes atuou como bom e sábio conselheiro. As professoras Heloisa e Monica não apenas compuseram a banca de defesa dessa dissertação, como também tiveram papéis completamente relevantes para ela. A primeira professora ensinou-me sobre Epistemologia e é a maior especialista na Teoria dos Constructos Pessoais no Brasil. Minha admiração por ela antecede o momento de conhecê-la pessoalmente. Um de seus filhos, então jornalista, teve o ingrato trabalho de me orientar em uma gravação de uma aula para a TV sobre assuntos de Física – eu era terrível em aulas gravadas, na época. Ele me sugeriu usar os termos completos em vez de falar apenas a letra que simbolizava a grandeza física, durante minhas explicações. Achei estranho um simples jornalista ter uma didática melhor do que a minha. Ocorre que não era um mero jornalista. Era um jornalista filho da professora Heloisa! A segunda professora ensinou-me a realizar corretamente a Análise de Conteúdo a partir da abordagem de Laurence Bardin. E nos presenteou, a mim e à minha turma, com um autêntico exemplo de ensino simultaneamente amoroso e rigoroso ao melhor estilo de Paulo Freire. Muita gratidão!

Impossível não agradecer minimamente a todos os maravilhosos docentes desse programa de pós-graduação, mesmo correndo o imenso risco de esquecer algum. À professora Zélia Jofili, pelos ensinamentos sobre as Teorias da Aprendizagem; à professora Marly Oliveira pelas aprendizagens sobre Metodologia da Pesquisa; à professora Monica Lins pelos profundos debates sobre Psicologia da Educação; ao professor Marcelo Leão pelos conhecimentos sobre Mídias e Tecnologias; à professora Helaine Sivini pelas críticas construtivas, sempre precisas e relevantes e que foram essenciais nas primeiras bancas de qualificação e de defesa pelas quais

passsei. Aos professores Antonio Carlos Miranda e Enery de Sousa Melo pelas contribuições e críticas a essa dissertação em suas falas nas bancas de defesa e de qualificação.

A todos os colegas do mestrado tanto da minha primeira turma quanto da segunda, pelo companheirismo e pelas aprendizagens mútuas. Da primeira turma, quero destacar meus companheiros de viagem ao Rio Grande do Sul: Nileide Araujo de Andrade, Adalberto Tavares da Silva, Thiago Vinícius Sousa Souto e Mariel José Pimentel de Andrade. Da segunda turma, destaco Thiago Vicente de Assunção e Andressa Rodrigues dos Santos.

E, por último, mas não menos importante, agradeço aos estudantes que se voluntariaram para serem os atores sociais da presente pesquisa. Sem eles, nada seria possível.

RESUMO

De acordo com a Teoria dos Constructos Pessoais (TCP), de George Alexander Kelly, dois subsistemas de constructos incompatíveis entre si podem estar presentes em uma mesma estrutura cognitiva. Essa fragmentação tem o potencial de constituir um obstáculo epistemológico, como definido por Gaston Bachelard, e de explicar a persistência de conceitos alternativos em propostas de mudança conceitual, sob a perspectiva da TCP. Estudar as fragmentações em sistemas de constructos, portanto, tem a importância de elucidar um pouco a respeito dessas questões. O objetivo do presente trabalho foi investigar as fragmentações em sistemas de constructos associados ao conceito de cor da Óptica. Escolheu-se o tema cor devido à sua complexidade: envolve e interliga várias áreas do saber. Desse modo, o termo complexo é aquele definido por Edgar Morin: entrelaçado. Para a investigação, utilizaram-se Matrizes de Repertório (MRs) aplicadas a três atores sociais, alunos do segundo ano do Ensino Médio de uma escola pública estadual de qualidade atestada pelo Exame Nacional para o Ensino Médio (ENEM), e examinaram-se os dados construídos nas MRs, em busca de fragmentações, através da Análise por Agrupamento Hierárquico (AAH). Aplicou-se a Análise de Conteúdo, estabelecida por Laurence Bardin, no livro didático utilizado pelos atores sociais para estudar o tema cor na escola. Comparando-se a Matriz de Repertório de Referência – uma matriz científica construída pelo pesquisador – com as MRs dos atores sociais, encontraram-se fragmentações não desejáveis no Ensino de Física em maior ou menor grau potencial de comprometimento. No livro didático, detectaram-se fragmentações que podem afetar a compreensão do fenômeno da cor por parte dos estudantes, pois ele apresenta uma variedade de teorias de cor conflitantes e paralelas entre si. No que tange às explicações em livros didáticos, recomenda-se uma abordagem biofísica – e não meramente física, onde a cor é atribuída apenas à frequência da luz – para dar conta, minimamente, da complexidade do fenômeno.

Palavras-chave: Constructos Pessoais; Corolário da Fragmentação; Cores.

ABSTRACT

According to George Alexander Kelly's Theory of Personal Constructs (TCP), two incompatible construct subsystems may be present in the same cognitive structure. This fragmentation has the potential to constitute an epistemological obstacle, as defined by Gaston Bachelard, and to explain the persistence of alternative concepts in proposals for conceptual change, from the perspective of TCP. Studying fragmentations in construct systems, therefore, is important to shed some light on these issues. The objective of the present paper was to investigate the fragmentation in construct systems associated with the Optics color concept. The theme color was chosen because of its complexity: it involves and interconnects various areas of knowledge. Thus, the term complex is that defined by Edgar Morin: intertwined. For the investigation, we used Repertories Grids (RGs) applied to three subjects (social actors), students of the second year of high school of a state public school certified by the National Exam for High School (ENEM), and examined the data built in the RGs in search of fragmentation through Hierarchical Cluster Analysis (AAH). Content Analysis, established by Laurence Bardin, was applied to the textbook used by the subjects (the social actors) to study color in school. Comparing the Reference Repertory Grid – a scientific RG constructed by the researcher – with the RGs of social actors, we found undesirable fragmentations in the teaching of physics to a greater or lesser degree of potential impairment. In the textbook, fragmentations have been detected that may affect students' understanding of the color phenomenon, as it presents a variety of conflicting and parallel color theories. As far as textbook explanations are concerned, a biophysical approach – not merely physical, where color is attributed only to the frequency of light – is recommended to realize the complexity of the phenomenon.

Keywords: Personal Constructs; Fragmentation Corollary; Colors.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Arco-íris, de Salvador Dalí, 1972.	18
Figura 2 - A Persistência da Memória, de Salvador Dalí, 1931.	19
Figura 3 - Capa do LP do Pink Floyd.	20
Figura 4 - Passeio de Domingo (Sunday Drive), de Mike Stilkey, 2016.	25
Figura 5 - Folhas de outono e reflexos.	28
Figura 6 - Vermelho e Verde em Mutações Cromáticas, de Israel Pedrosa, 1986.	34
Figura 7 - Cor: da luz à mente humana.	35
Figura 8 - Representações de ondas eletromagnéticas azul e vermelha (Fora de escala).	37
Figura 9 - Espectro eletromagnético.	37
Figura 10 - O fenômeno da difração impede de se obter um raio de luz individual.	38
Figura 11 – Comportamento distinto para raios de luz atravessando um prisma.	39
Figura 12 - Deslocamento do máximo do comprimento de onda.	40
Figura 13 - Gigante vermelha Mira.	40
Figura 14 - Gigantes azuis em M15.	40
Figura 15 - Chama de uma vela.	41
Figura 16 - Chama amarelada por queda na temperatura.	41
Figura 17 - Componentes básicos da estrutura do olho humano.	42
Figura 18 - Fotografia da retina.	43
Figura 19 - Microfotografia de cones e bastonetes.	43
Figura 20 - Microfotografia da retina.	43
Figura 21 - Cores e sensibilidade dos cones.	44
Figura 22 - O cérebro e o sistema visual (Vista inferior).	44
Figura 23 - Nenúfares brancos.	45
Figura 24 - Ponte japonesa.	45
Figura 25 - Efeito do fundo sobre a cor percebida.	45
Figura 26 - Cores quentes e frias.	46
Figura 27 - Variações de matiz, luminosidade e saturação.	47
Figura 28 - Versão em escala de cinza de Impressão Sol nascente, Claude Monet, 1872.	47
Figura 29 - Versão em cores de Impressão Sol nascente, Claude Monet, 1872.	47
Figura 30 - Círculo de cores com os sistemas RGB e CMYK.	48
Figura 31 - Composição aditiva. Sistema RGB.	49
Figura 32 - Composição subtrativa: objeto magenta.	50

Figura 33 - Microfotografia de um monitor de <i>laptop</i>	50
Figura 34 - Microfotografias de diferentes tipos de monitores.	50
Figura 35 - Composição subtrativa. Sistema CYMK.	51
Figura 36 - Cartuchos de impressora colorida.	51
Figura 37 - Composições por subtração.	52
Figura 38 - Tintas comerciais.	53
Figura 39 - Composição de cores-pigmento.	53
Figura 40 - Duas maneiras diferentes de ver 'amarelo'.	54
Figura 41 - Diferentes canais/pigmentos para visão de cores em espécies biológicas.	56
Figura 42 – Pintura de Concetta Antico e a cena original.	57
Figura 43 - Como mulheres (esquerda) e homens (direita) nomeiam as cores.	58
Figura 44 - Diferenças entre gêneros na nomeação de cores.	59
Figura 45 - Luz do Sul, de Vincent Van Gogh, 1888.	60
Figura 46 - Fotografia de George Alexander Kelly.	61
Figura 47 - Contexto histórico-científico em que viveu George Kelly.	63
Figura 48 - Metáfora do homem-cientista e onde atuam alguns dos pressupostos teóricos.	64
Figura 49 - Etapas do Ciclo da Experiência de Kelly (CEK).	65
Figura 50 - Classificação dos constructos pessoais, segundo Kelly (1955).	71
Figura 51 - Componentes de uma matriz de repertório.	73
Figura 52 - Caminho Ensolarado, Leonid Afremov, c. 2015.	74
Figura 53 - Fluxograma da metodologia deste trabalho.	77
Figura 54 - Diagrama V desta pesquisa.	79
Figura 55 - Distribuição de cores no constructo 'baixa frequência ↔ alta frequência'.	80
Figura 56 - Fichas de Cores (Frente).	83
Figura 57 - Fichas de Cores (Verso).	84
Figura 58 - Formulário da Matriz de Repertório.	85
Figura 59 - Fluxograma para preenchimento da MR.	87
Figura 60 - Exemplo de diagrama produzido na AAH.	88
Figura 61 - Matriz de repertório do exemplo.	90
Figura 62 - Cálculo da distância entre W e X 90	90
Figura 63 - Matriz de distância do exemplo.	91
Figura 64 - Matriz de distância normalizada do exemplo.	92
Figura 65 - Matriz de similaridades do exemplo 93	93
Figura 66 - Matriz de similaridades reduzida.	94

Figura 67 - Diagrama gerado pelo Rep Plus.....	94
Figura 68 - Proximidade e coincidência.....	95
Figura 69 - AAH do exemplo.....	95
Figura 70 - Fluxograma da análise de conteúdo segundo Bardin (2016).....	98
Figura 71 - <i>Print screen</i> da planilha eletrônica (Excel) usada na análise de conteúdo.....	99
Figura 72 - Padrão de codificação utilizado na análise de conteúdo.....	100
Figura 73 - O Homem Vitruviano, de Leonardo da Vinci, c. 1490.....	102
Figura 74 - MR de referência.....	103
Figura 75 - AAH da MR de referência.....	104
Figura 76 - AAH da MR do aluno A1.....	107
Figura 77 - Comparação do aluno A1 e o sistema científico de referência.....	108
Figura 78 - AAH da MR do aluno A2.....	110
Figura 79 - Comparação do aluno A2 e o sistema científico de referência.....	112
Figura 80 - AAH da MR do aluno A3.....	114
Figura 81 - Comparação do aluno A3 e o sistema científico de referência.....	116
Figura 82 - Capa da obra analisada.....	118
Figura 83 - Figura referente a [FI-351a]Cs.....	119
Figura 84 - Figura referente a [FI-351b]Ca.....	119
Figura 85 - Figura referente a [FI-]Cs.....	120
Figura 86 - Figura referente a [FI-398a]Cs.....	120
Figura 87 - Figura referente a [FI-398a]Ca.....	121
Figura 88 - Figura referente ao código [FI-351c]Po.....	122
Figura 89 - Figura referente ao código [FI-352a]Ca.....	123
Figura 90 - Figura referente a [FI-352b]Cs.....	124
Figura 91 - Figura correspondente a [FI-353a]Ca.....	124
Figura 92 - O Juízo Final, de Michelangelo, 1536-1541.....	129

LISTA DE TABELAS E QUADROS

Quadro 1 - Exemplos de livros do Ensino Médio com a cor ‘anil’	36
Quadro 2 - Partes do olho humano e suas descrições.....	42
Quadro 3 - Equivalência entre termos para matiz, luminosidade e saturação.....	46
Quadro 4 - Composição aditiva ou RGB.....	49
Quadro 5 - Composição subtrativa ou CYMK.....	51
Quadro 6 - Composição de cor-pigmento (tintas).....	53
Quadro 7 - Cores em diferentes línguas modernas.....	55
Quadro 8 – Estágios de Berlin e Kay em sequência cronológica progressiva de surgimento..	55
Quadro 9 - Corolários da TCP separados por blocos.....	67
Quadro 10 – Relação entre objetivos específicos e métodos.....	78
Quadro 11 - Cores escolhidas como elementos.....	80
Quadro 12 - Constructo 'presente ↔ ausente' em impressoras e em monitores.....	81
Quadro 13 - Constructos científicos utilizados no presente trabalho.....	82
Quadro 14 - Cores e seus códigos RGB.....	83
Quadro 15 - Ordem das tríades da entrevista sobre cor.....	86
Quadro 16 - Constructos do aluno A1.....	105
Quadro 17 - Categorização dos constructos de A1.....	105
Quadro 18 - Constructos do aluno A2.....	109
Quadro 19 - Categorização dos constructos de A2.....	109
Quadro 20 - Constructos do aluno A3.....	113
Quadro 21 - Categorização de constructos de A3.....	113

LISTA DE ABREVIATURAS

Abreviatura	Latim	Português/Significado
Cap., cap.	—	Capítulo.
C.f., c.f.	—	Confere.
Dr.	—	Doutor.
Dra.	—	Doutora.
ed.	—	Edição.
<i>e.g.</i>	<i>Exempli gratia.</i>	Por exemplo.
<i>etc.</i>	<i>Et cetera.</i>	E outros(as).
<i>i.e.</i>	<i>Id est.</i>	Isto é, ou seja, por outras palavras.
p.	—	Página(s).
<i>Ph.D.</i>	<i>Philosophiae doctor.</i>	Doutor(a) em filosofia, doutor(a).
Prof.	—	Professor.
Profa.	—	Professora.
N., n.	—	Número.
<i>op. cit.</i>	<i>Opus citatum, opere citato.</i>	Obra citada.
Rev. téc.	—	Revisão técnica (de).
V., v.	—	Volume.
Trad., trad.	—	Tradução (de), traduzido (por).

Fontes de consulta: ABNT (2002a, 2002b), WIKIPEDIA (2020).

LISTA DE SIGLAS

AAH	Análise por Agrupamento Hierárquico.
CEK	Ciclo da Experiência de Kelly ou Ciclo da Experiência Kellyano.
ENEM	Exame Nacional do Ensino Médio.
EUA	Estados Unidos da América.
FCAP	Faculdade de Administração da Universidade de Pernambuco.
GKS	George Kelly Society
LWS	<i>Long Wavelength Sensitive</i> = Sensível a Comprimentos de Onda Longos.
MR	Matriz(es) de Repertório.
MWS	<i>Medium Wavelength Sensitive</i> = Sensível a Comprimentos de Onda Médios.
PPGEC	Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências.
Sinect	Simpósio Nacional de Ensino de Ciência e Tecnologia.
SCCP	Sistema de Classificação dos Constructos Pessoais.
SWS	<i>Short Wavelength Sensitive</i> = Sensível a Comprimentos de Onda Curtos.
TCP	Teoria dos Constructos Pessoais.
UFRPE	Universidade Federal Rural de Pernambuco.
UPE	Universidade de Pernambuco.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
	Objetivo geral.....	23
	Objetivos específicos.....	24
2	REVISÃO DE LITERATURA.....	25
2.1	Estudos sobre cores	26
2.2	Teoria dos Constructos Pessoais	28
2.3	Teoria dos Constructos Pessoais no Ensino de Física.....	30
2.4	Livros didáticos de Física.....	31
2.5	Teoria dos Constructos Pessoais e Análise de Conteúdo.....	32
3	CONCEITO DE COR.....	34
3.1	Conceitos físicos de luz e de cor	35
3.2	Temperatura e cor.....	39
3.3	A visão e o olho humano.....	41
3.4	Matiz, luminosidade e saturação	46
3.5	Sistemas de composição de cores.....	48
3.6	A questão dos dois amarelos	54
3.7	Os Estágios de Berlin-Kay	55
3.8	Genética, diferenças entre os sexos biológicos e o tetracromatismo	56
4	A TEORIA DOS CONSTRUCTOS PESSOAIS.....	60
4.1	Um pouco da filosofia e da história da Teoria dos Constructos Pessoais.....	61
4.2	A metáfora do homem-cientista e o ciclo da experiência kellyano.....	64
4.3	Corolários e sistema de constructos	66
4.3.1	Corolários do processo de construção	68
4.3.2	Corolários do sistema de construção	68
4.3.3	Corolários do contexto social	69
4.4	Constructos pessoais	69
4.5	Matrizes de repertório	72
5	METODOLOGIA.....	74
5.1	Caracterização da pesquisa.....	74
5.2	Caracterização dos atores sociais	75
5.3	Descrição geral da metodologia	76
5.4	Construção da MR de referência.....	78

5.4.1	Escolha dos elementos.....	78
5.4.2	Escolha dos constructos da MR de referência.....	80
5.5	Matrizes de repertório sobre cores.....	82
5.5.1	Análise de Agrupamentos Hierárquicos e Dendrograma.....	87
5.6	Análise do livro didático de Física.....	97
5.6.1	Pré-Análise.....	97
5.6.2	Exploração do material.....	99
5.6.3	Tratamento de resultados, inferências e interpretação.....	101
6	RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	102
6.1	Entrevistas.....	102
6.2	AAH da MR de referência.....	103
6.3	Análise para o aluno A1.....	105
6.3.1	Comparação entre sistema científico e o sistema do aluno A1.....	106
6.4	Análise para o aluno A2.....	109
6.4.1	Comparação entre o sistema científico e o sistema do aluno A2.....	111
6.5	Análise para o aluno A3.....	113
6.5.1	Comparação entre o sistema científico e o sistema do aluno A3.....	115
6.6	Análise geral das matrizes de repertório.....	117
6.7	Análise do livro didático.....	117
6.7.1	As sete cores do arco-íris.....	118
6.7.2	Cor de um corpo.....	121
6.7.3	Fragmentações.....	122
6.7.4	Observações gerais sobre o livro didático.....	125
6.8	Possibilidades futuras.....	126
7	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	129
	REFERÊNCIAS.....	130
	BIBLIOGRAFIA CONSULTADA.....	142
	GLOSSÁRIO.....	144
	APÊNDICES.....	146
	Apêndice A – Matriz de repertório do aluno A1 sobre cor.....	147
	Apêndice B – Matriz de repertório do aluno A2 sobre cor.....	148
	Apêndice C – Matriz de repertório do aluno A3 sobre cor.....	149
	ANEXOS.....	150
	Anexo A – Lamia, de John Keats.....	151

Anexo B – Texto de Kelly sobre o Corolário da Fragmentação	152
Anexo C – Texto de Kelly sobre as dimensões de constructos.....	157

1 INTRODUÇÃO

Meu título vem de Keats, que acreditava que Newton tinha destruído toda a poesia do arco-íris ao reduzi-lo a cores prismáticas. Keats não poderia estar mais errado, e meu desejo é guiar todos que estão tentados a uma visão similar, até a conclusão oposta. Ciência é, ou deveria ser, a inspiração para os grandes poetas.
(Richard Dawkins, em Desvendando o Arco-Íris)

Figura 1 – Arco-íris, de Salvador Dalí, 1972.



Fonte: Wikipédia (2020a).

De acordo com Braga, Guerra e Reis (2004), o físico e matemático inglês Isaac Newton (1643-1727)¹ publicou a primeira edição de sua obra *Óptica* em 1704, revelando ao mundo, dentre outras coisas, seus estudos teóricos e experimentais a respeito da decomposição da luz branca solar e sua explicação para a formação dos arcos-íris². Em 1820, o poeta, também inglês, John Keats (1795-1821) escreveu um poema narrativo intitulado *Lamia* (Anexo A), no qual lamentou que a ciência tenha destruído o encanto desse fenômeno natural e óptico. O trecho de Richard Dawkins para a abertura deste capítulo é uma resposta à crítica de Keats: a ciência deve ser uma inspiração para a arte. Não por acaso, a imagem de exórdio do capítulo é do famoso pintor catalão Salvador Dalí (1904-1989). De acordo com Costa, Nascimento e Germano (2007), Kaku (2000) e Henderson (1984), os progressos científicos contemporâneos – em particular, as geometrias hiperespaciais de Carl Friedrich Gauss (1777-1855) e de Georg Friedrich Bernhard Riemann (1826-1866), os desenvolvimentos matemáticos das geometrias não euclidianas de Jules Henri Poincaré (1854-1912), as teorias da relatividade³ de Albert

¹ Segundo Valadares (2003), Isaac Newton nasceu em 4 de janeiro de 1643, pelo calendário gregoriano atual, ou em 25 de dezembro de 1642, pelo calendário juliano, que a Inglaterra ainda adotava na época de seu nascimento.

² De acordo com o Vocabulário Ortográfico da Língua Portuguesa (2020), o plural de arco-íris é arcos-íris.

³ Para alguns, tal como Kaku (2000), há duas teorias da relatividade de Einstein: a restrita ou especial, de 1905, e a geral, de 1915. Para outros, tal como Mourão (2005), há apenas uma teoria da relatividade dividida em duas partes.

Einstein (1879-1955) e a teoria quântica – influenciaram Dalí e o surrealismo. Henderson (1984), por exemplo, menciona a relação da relatividade do tempo proposta por Einstein e os relógios derretidos em *A Persistência da Memória* (Figura 2).

Figura 2 - *A Persistência da Memória*, de Salvador Dalí, 1931.



Fonte: Arte Genial (2009).

Historicamente, a decomposição da luz branca solar trouxe à humanidade um conhecimento muito relevante sobre a luz e, especificamente a respeito das cores, e a obra *Óptica*, de Newton (2002)⁴, tornou-se um marco para a Física. A ideia de sete cores nos arcos-íris – vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta – é de Newton (2002). De acordo com Guimarães (2000), muitos ainda dizem que os arcos-íris têm sete cores, embora, na atualidade, todos nós consideremos o anil como uma variação de azul⁵. É muito interessante saber, por exemplo, como afirma Gaspar (2017), que Aristóteles (384 a.C.-322 a.C.) dividia os arcos-íris em apenas três cores⁶ e que essa ideia persistiu até a Idade Média, corroborada pelos filósofos Alberto Magno (c. 1196-1280) e Tomás de Aquino (1225-1274).

Para ilustrar a importância do fato científico, pode-se notar que a decomposição da luz branca realizada por Newton tornou-se parte da cultura *pop*, imortalizada na capa, de 1973, do LP (*long play*) *Dark Side of the Moon* da banda britânica de *rock* Pink Floyd (Figura 3).

Como os arcos-íris estão associados à decomposição da luz branca solar e esse fenômeno representa o início de uma grande era na Óptica e na Física, escolheu-se o tema arco-íris para servir de epígrafe da introdução deste trabalho com um texto e uma pintura que tivesse a ver com eles. Os arcos-íris e as suas cores são um possível ponto de intersecção entre a ciência e a arte. Houve muito sentido em começar desse modo, pois a interdisciplinaridade envolvendo essas duas áreas do saber humano sempre inspirou esta pesquisa.

⁴ Obra original de 1730.

⁵ Retoma-se a questão da quantidade de cores nos arcos-íris no capítulo 3.

⁶ Em *Meteorologia*, de Aristóteles (1952).

Figura 3 - Capa do LP do Pink Floyd.



Fonte: O Globo (2014).

O primeiro projeto que originou este trabalho tinha o título sucinto e ingênuo “Física e Arte”. Pensou-se em unir essas duas áreas distintas do conhecimento em um único e amplo estudo. Ao longo do mestrado, entretanto, percebeu-se e se entendeu a necessidade de um delineamento mais adequado e humilde do objeto de pesquisa – por isso o adjetivo ingênuo. A inspiração para esse olhar interdisciplinar, entretanto, persistiu até o final.

O conceito de cor é o tema desta dissertação. Escolheu-se esse conceito porque ele é importante no cotidiano das pessoas. A cor é critério na escolha de produtos, relaciona-se com o funcionamento de equipamentos, como monitores e impressoras; e está presente na Arte, na Ciência e nas culturas. O assunto envolve diferentes áreas do conhecimento tais como Física, Química, Biologia, Psicologia, Linguística e muitas outras mais. Devido a essa característica de complexidade⁷, supôs-se ser muito provável haver fragmentações em sistemas de constructos relacionados a esse conceito.

Fragmentações nos sistemas de construção a respeito do conceito de cor são importantes de serem estudadas na área de Ensino de Ciências e Matemática. De acordo com Nardi e Gatti (2004) e Moreira e Greca (2003), no Ensino de Ciências e Matemática, houve muitas pesquisas sobre mudança conceitual a partir da década de 1970 e predominantemente na década de 1980. Vários pesquisadores dessa área, tais como Nardi e Gatti (2004), Moreira e Greca (2004), Mortimer (1996) e Moreira (1994), criticaram as visões simplistas desse fenômeno defendidas por alguns, naquela época. A maior crítica é que a mudança conceitual, como substituição de uma concepção antiga por outra nova, não ocorre. A concepção alternativa e/ou espontânea não

⁷ Usa-se a palavra no sentido dado por Morin (2003): tecido junto. Morin (2015, p. 13) diz que: “A um primeiro olhar, a complexidade é um tecido (*complexus*: o que é tecido junto) de constituintes heterogêneas inseparavelmente associadas: ela coloca o paradoxo do uno e do múltiplo. Num segundo momento, a complexidade é efetivamente o tecido de acontecimentos, ações, interações, retroações, determinações, acasos, que constituem nosso mundo fenomênico”.

desaparece. Nesse sentido, os estudos das fragmentações em sistemas de constructos têm o potencial de elucidar um pouco sobre essa questão das mudanças conceituais, já que a teoria prevê e admite a coexistência de construções conflitantes, as fragmentações. Embora pudesse ser interessante, não é objetivo do presente estudo investigar como a teoria entende as mudanças conceituais, mas ele pode abrir o caminho para essa possibilidade. Outro motivo é que as fragmentações têm o potencial de representar um obstáculo epistemológico⁸. É uma hipótese com fortes indícios de veracidade.

Um exemplo de fragmentação é que, em Arte, considera-se o azul uma ‘cor fria’, porque ele está associado psicologicamente à água. Já o vermelho é considerado uma ‘cor quente’ por estar associado à ideia de fogo, segundo Pedrosa (1982). Entretanto, para a Física, a radiação térmica de um corpo na frequência do azul indica que ele está mais quente do que outro emitindo na faixa do vermelho, de acordo com Eisberg e Resnick (1979).

Portanto, para o subsistema de construção da Arte, ‘azul’ está no polo das cores frias e ‘vermelho’ está no polo das cores quentes no constructo ‘quente ↔ frio’. Por outro lado, para a Ciência, ocorre o contrário: ‘azul’ é quente e ‘vermelho’ é frio, no constructo ‘quente ↔ frio’. Esse tipo de fragmentação tem potencial de representar um obstáculo epistemológico já que a ideia de que ‘vermelho é quente e azul é frio’ da Arte entra em conflito direto com a ideia de ‘o objeto que emite na faixa do vermelho está mais frio do que o que emite na faixa do azul’, da Ciência.

Outro exemplo de fragmentação em sistemas de constructos a respeito de cor surge dentro da própria Ciência. Para a Física, a luz branca (solar) é obtida através da composição de ondas eletromagnéticas de todas as frequências da luz visível⁹. Para a Biofísica, diferentemente, basta compor ondas eletromagnéticas das luzes vermelha, verde e azul¹⁰ para obter branco. Havendo, ainda, a possibilidade de compô-la com apenas duas frequências de cores complementares: azul e amarelo, por exemplo. Além disso, existe uma cor amarela que pode ser decomposta e outra que não pode¹¹. Isso ocorre com outras cores, além do amarelo.

Como pode ser visto em sua biografia¹², o criador da Psicologia dos Constructos Pessoais (PCP) foi uma pessoa conectada a diversas áreas do conhecimento – inclusive Física,

⁸ No sentido que foi dado ao termo por Bachelard (2007, p. 17): aqueles do “âmago do próprio ato de conhecer que aparecem, por uma espécie de imperativo funcional, lentidões e conflitos”.

⁹ Seção 3.1.

¹⁰ É o Sistema RGB (*Red* = vermelho; *Green* = verde; *Blue* = azul). Seções 3.3 e 3.5.

¹¹ Seção 3.6.

¹² Seção 4.1.

Matemática e Arte – e sua teoria se alinhou perfeitamente ao anseio preliminar pela interdisciplinaridade entre Arte e Ciência.

George Alexander Kelly (1905-1967) foi o psicólogo¹³ norte-americano que criou e desenvolveu a PCP, conhecida também como Teoria dos Constructos Pessoais (TCP). Concebida como uma teoria da personalidade, a TCP prontamente contribuiu para outros ramos da Psicologia e propagou-se a áreas diferentes da original. À semelhança da Epistemologia Genética de Jean Piaget que, por sua vez, nasceu como uma teoria do desenvolvimento, a TCP também tem contribuído bastante para a Educação e, especificamente, para o Ensino de Ciências, onde vem fundamentando várias investigações nessa área de pesquisa¹⁴.

O elemento fundamental da TCP é o constructo. Constructo é, segundo o próprio Kelly (1963, p. 105, trad. livre), “um modo como algumas coisas são construídas como sendo semelhantes e, ainda assim, diferentes de outras”. Uma característica básica dos constructos é possuir, sempre, dois polos antagônicos. Para elucidar o sistema de constructos de algum ator social, utiliza-se uma entrevista estruturada e registrada em uma Matriz de Repertório (MR).

Contribuições de diversos estudiosos¹⁵ aprimoraram a TCP ao longo dos anos. Em especial, a TCP tem sido a base teórica de diversas dissertações de mestrado e teses de doutorado do Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências e Matemática da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGEC-UFRPE). Nessa área de pesquisa, estudos¹⁶ mostram que há a tendência de se explorar cada vez mais seus aspectos teóricos e de aprofundá-los. Um desses aspectos é a fragmentação em sistemas de constructos. No presente trabalho, seguiu-se essa tendência ao se discutir e utilizar uma técnica de análise capaz de estudá-la. Escolheu-se o conceito de cor, da Óptica, para desenvolver o estudo.

O principal objetivo deste trabalho foi detectar e analisar possíveis fragmentações na estrutura de sistemas de constructos pessoais associados ao conceito de cor da Óptica. Escolheu-se a TCP por este trabalho de pesquisa se tratar de um estudo na área de Ensino de Ciências e Matemática, com ênfase no Ensino de Física. Como a TCP faz uso da metáfora homem-cientista, onde correlaciona a atividade cognitiva do homem comum com as atividades profissionais de um cientista, não há nada mais natural do que essa escolha teórica. Esta dissertação seguiu as tendências do corrente mestrado e optou por usar o Corolário da Fragmentação. Desejou-se contribuir para o Ensino de Ciências e Matemática ampliando o

¹³ Da linha humanista para alguns biógrafos ou da linha cognitiva para outros.

¹⁴ Seção 2.3.

¹⁵ Dentre os que contribuíram para o aprimoramento da TCP estão Fay Fransella, Don Bannister e Heloísa Bastos. Há uma sociedade internacional para estudos da TCP: a George Kelly Society (GKS, www.kellysociety.org).

¹⁶ Turuda (2009), por exemplo.

debate de aspectos ainda pouco explorados da TCP. Também envolve MR porque ela é a ferramenta mais adequada para elucidar sistemas de constructos pessoais, sendo uma técnica oriunda da própria teoria. O conceito de cor recebe influências de vários campos do saber e isso indicou que poderia haver fragmentações em sistemas de construção a seu respeito a serem investigadas.

Embora não tenha sido objetivo, outra contribuição deste trabalho para o Ensino de Ciências e Matemática é o uso da Análise por Agrupamento Hierárquico (AAH)¹⁷ em MR e a construção de dendrogramas. Essa análise tem sido usada para esse fim há vários anos em outros países, tais como Inglaterra e Austrália. Poucos trabalhos utilizando essa técnica de análise associadas às MR são encontrados no Brasil. A intenção da inserção de AAH em MR foi a de melhorar o poder de análise e expandir a perspectiva de pesquisas a serem realizadas com a TCP nessa área e em outras, no nosso país.

Cada um dos capítulos desse trabalho inicia com um pequeno texto e com uma imagem que tem relação com o assunto abordado no momento. Apesar de esta dissertação ser uma pesquisa científica, desejou-se introduzir um pouco de arte na mesma para mostrar, mesmo que superficialmente, que Arte e Ciência não são incompatíveis de modo algum. No capítulo 2, apresentam-se os resultados da primeira etapa da pesquisa que foi a revisão de literatura. No capítulo 3, fala-se sobre o conceito de cor e de sua complexidade. No capítulo 4, versa-se sobre a TCP. No capítulo 5, descreve-se a metodologia desse trabalho. No capítulo 6, apresentam-se os resultados e as discussões. Nas considerações finais, dá-se um panorama final e propõem-se novas pesquisas a serem realizadas.

Para maior clareza, o objetivo geral e os objetivos específicos são explicitados a seguir. Como foi dito precedentemente, embora não constituísse um objetivo, com o presente trabalho, teve-se também a intenção de ampliar o uso da TCP em pesquisas em Ensino de Ciências e Matemática no Brasil através do uso da AAH e de dendrogramas na metodologia e do estudo da fragmentação em sistemas de constructos.

Objetivo geral

Detectar e analisar possíveis fragmentações na estrutura de sistemas de constructos pessoais associados ao conceito de cor da Óptica.

¹⁷ A AAH é descrita em detalhes na seção 5.5.1.

Objetivos específicos

- a) Construir um sistema de constructos associados ao conceito de cor da Óptica da ciência para ser utilizado como referência para indicar fragmentações nesse tipo de sistema que sejam indesejáveis em Ensino de Física.
- b) Elucidar o sistema de constructos associados ao conceito de cor da Óptica de atores sociais e detectar possíveis fragmentações existentes nele.
- c) Analisar as fragmentações nas explicações sobre cores da Óptica em um livro didático de Física para Ensino Médio.

2 REVISÃO DE LITERATURA

*Os poemas são pássaros que chegam
não se sabe de onde e pousam
no livro que lês.*

*Quando fechas o livro, eles alçam voo
como de um alcapão.
Eles não têm pouso
nem porto
alimentam-se um instante em cada par de mãos
e partem. E olhas, então, essas tuas mãos vazias,
no maravilhado espanto de saberes
que o alimento deles já estava em ti...
(Os Poemas, Mario Quintana)*

Figura 4 - Passeio de Domingo (Sunday Drive), de Mike Stilkey, 2016.



Fonte: Stilkey (2020).

Mesmo em nossa era digital – ou talvez exatamente por estarmos nela – os livros e os textos escritos têm uma importância incontestável. Livros e leituras são o tema do texto e da pintura de introdução deste capítulo. A pintura *Passeio de Domingo* utiliza livros como suporte físico; o pintor, Stilkey, realizou-a sobre a capa de livros amontoados e esse mural, assim constituído, está instalado na entrada da Biblioteca Pública da Monróvia, na Libéria.

Como indicado no preâmbulo, este capítulo trata de livros, artigos e textos que têm a ver com esta pesquisa e se o dividiu em quatro partes: estudos sobre cores¹⁸ (Seção 2.1), obras sobre a TCP e suas aplicações gerais (Seção 2.2), usos específicos da TCP em Ensino de Física (Seção 2.3) e pesquisas sobre livros didáticos de Física (Seção 2.4).

No processo deste trabalho, realizaram-se muitas leituras. Elas pertencem a diferentes áreas do conhecimento humano: Arte, Física, Química, Filosofia, Psicologia, Neurociência,

¹⁸ A Física tem dois conceitos de cor homônimos: um da Óptica e outro da Cromodinâmica Quântica, que é um tipo de carga. A partir desse ponto, a palavra sempre se referirá ao primeiro conceito e se usará apenas o termo ‘cor’.

Fisiologia Humana, Genética, Linguística, ... mais uma vez demonstrando o caráter complexo do tema cor.

2.1 Estudos sobre cores

Ao longo dos séculos, estudaram-se as cores sob muitos pontos de vista distintos. Newton (2002) e outros físicos pesquisaram a relação entre a luz e as cores. Fisiologistas como Rohkamm (2004) descreveram os processos através dos quais a luz é captada pelos olhos e transformada na ideia de cor. Psicólogos como Lanthony (2005) e Livingstone (2008) estudaram os efeitos das cores sobre as emoções e o processo de percepção daquelas. Jorge et al. (2003), linguistas, pesquisaram antropologicamente as origens dos nomes das cores. Ball (2001) fez um estudo químico e histórico sobre pigmentos usados em pinturas. Goethe (1840), Schopenhauer (2003)¹⁹, Wittgenstein (1996)²⁰, Silva (2000, 2000a) e, mais recentemente, Hilbert (2005) e Cohen (2010) refletiram sobre o significado das cores no campo da Filosofia.

O tema ‘cor’ é tão abrangente que cientistas que trabalham com ele em uma área do conhecimento, às vezes, ignoram os resultados encontrados por pesquisadores em outra. Por exemplo, há mitos modernos sobre as palavras usadas para denominar cores. O mais famoso desses mitos parece ser aquele que afirma que os esquimós têm dezenas ou centenas de palavras para a cor branca. Há anos, Pullum (1989) desmistificou essa história, porém ainda há pesquisadores externos à Linguística que repetem esse mito em seus trabalhos, como se ele fosse verdadeiro, *e.g.*, Valdir (2005).

Segundo Dowman (2007) e Ribeiro e Cândido (2008), linguistas e cientistas da cognição têm um modelo evolutivo para os nomes dados às cores: a escala de Berlin e Kay. De acordo com essa escala e esse modelo, é possível classificar evolutiva e hierarquicamente as línguas através das palavras que nomeiam as cores. Culturas consideradas mais primitivas têm apenas a noção de claro e escuro, ou seja, ‘branco’ e ‘preto’. O vermelho é o próximo a surgir nessa escala. Seguem-se, na ordem de surgimento, o ‘verde’ e o ‘amarelo’, o ‘azul’ e o ‘marrom’. A sequência termina com o acréscimo de ‘violeta’, ‘rosa’, ‘laranja’ e ‘cinza’.

Segundo a escala Berlin-Kay, portanto, línguas e culturas mais modernas totalizam onze cores e suas variantes: ‘preto’, ‘branco’, ‘vermelho’, ‘amarelo’, ‘verde’, ‘azul’, ‘marrom’, ‘rosa’, ‘laranja’, ‘violeta’ e ‘cinza’. Pesquisas transversais como as de Uchikawa e Boynton

¹⁹ Original de 1854.

²⁰ Original de 1945.

(1987) e de Kay e Regier (2003) basearam-se nesse modelo evolutivo e tentaram confirmar a existência de onze ou menos cores básicas em diversas culturas. Estudos como o de Everett (2005) questionaram essa escala e a ideia da existência de uma ‘linguagem universal’, que serviria de referência. Everett (2005) apresentou um trabalho em que afirmou que os pirahãs, membros de uma tribo indígena da Amazônia, não possuíam nenhum termo para cores. Angelo (2017) afirma que vários linguistas, por sua vez, discordam dos resultados desse pesquisador. Infelizmente, de acordo com o documentário *Língua Pirahã: O Código do Amazonas*, a cultura desse povo foi contaminada pelo contato com a civilização moderna, anos após as pesquisas do antropólogo Everett e as afirmações deste podem nunca ser confirmadas ou refutadas. Loreto, Mukherjee e Tria (2012) criaram uma simulação multiagente onde uma população de indivíduos nominavam as cores e negociavam entre si através de um jogo de linguagem. Esses pesquisadores determinaram que o consenso é mais facilmente atingível para algumas cores do que outras. A ordem de consenso encontrada coincidiu com a ordem dos estágios de Berlin e Kay, reforçando e, talvez justificando, a universalidade dessa, defendida por Noam Chomsky²¹ e outros linguistas.

Para a Arte, o conceito de cor é forjado em um amálgama de ideias sociais, culturais, históricas e geográficas e intuições individuais e coletivas. Movimentos da pintura artística, como o Impressionismo e o Expressionismo, valorizaram-no ao extremo, como afirmam Charles (2007), Sanches e Almarza (2008) e *Grandes Mestres da Pintura* (2008).

Para a ciência, *e.g.* segundo Halliday, Resnick e Walker (2008), a cor está associada a diversos fenômenos envolvendo a luz – reflexão, absorção, refração, difração e interferência da luz – e a variados conceitos tais como: modelo da luz, fóton, energia, intensidade luminosa, níveis de energia do átomo *etc.*

O conceito de cor é complexo²². Para Newton (2002), a cor é resultado da luz. Segundo Goethe (1840), a cor independe da luz e é um efeito da retina. Para Guimarães (2000) e Jorge et al. (2004), o conceito de cor envolve muitas questões socioculturais. Por exemplo, o luto, para os brasileiros, é representado pela cor preta; para os chineses, é o branco que desempenha esse papel. Segundo Pedrosa (1982), a cor não é material; é apenas a sensação causada pela existência de luz, que é o estímulo; e o olho, que é o órgão capaz de captá-la. Esse intelectual, artista e estudioso da luz também destacou a diferença entre a sensação ‘cor’ do estímulo físico ‘matiz’. Para isso, chamou a atenção para o fato de as duas receberem nomes diferentes em

²¹ Ava Noam Chomsky, um dos mais importantes linguistas da atualidade. Defende que a recursividade linguística é universal.

²² No sentido dado à palavra por Morin (2003): entrelaçado.

diferentes línguas e culturas. Ele forneceu exemplos do que disse. Em inglês a cor é *'hue'* e o matiz é *'colour vision'*. Em francês, o primeiro conceito recebe o nome de *'teinte'* e o segundo, de *'couleur'*.

Goethe (1840), Schopenhauer (2003) e Wittgenstein (1996) criticaram, sob diversos aspectos, a definição de cor de Newton (2002), principalmente por este ignorar os efeitos da fisiologia e da psicologia humanas. Gonçalves (2004) criticou a ausência dos componentes psicológicos, sociais e culturais na definição de Pedrosa (1982).

Werner, Pinna e Spillmann (2008) mostram, através de um exemplo, como a cor é uma importante fonte de informação. Uma fotografia reproduzindo folhas de outono flutuando ou imersas em água de uma fonte, com árvores e o céu da tarde de cor azul-escuro refletidos na superfície do líquido é reproduzida em cores e em escala de cinza (Figura 5). A cena vista em versão a cores e em versão em escala de cinza demonstram como há perda de informação nessa última versão. A água é praticamente invisível e se perde a profundidade do céu em relação às árvores refletidas.

Figura 5 - Folhas de outono e reflexos.



Fonte: Werner, Pina (2008, p. 78).

Fala-se mais sobre cores no capítulo dedicado ao assunto, o capítulo 3. Na próxima seção, apresentam-se algumas leituras sobre estudos a respeito da Teoria dos Constructos Pessoais (TCP).

2.2 Teoria dos Constructos Pessoais

Criou-se a TCP como uma teoria da personalidade, mas ela tem contribuído em várias outras áreas e em diversos níveis. Knapp e Beck (2008) afirmam que a ideia de constructos de

Kelly influenciou a Terapia Cognitiva, da Psicologia e da Psiquiatria. Em pesquisas de Inteligência Artificial, Wolf e Delugach (1996) utilizaram Matrizes de Repertório (MR) para organizar informações em computadores. Em Engenharia de *Software*, Niu e Easterbook (2006) utilizaram-nas para fazer levantamento de requisitos de sistemas computacionais. Em Administração de Empresas, Hernandes (2005) utilizou-as para pesquisar critérios de escolha de *shopping centers*. Borkenhagen et al. (2005) desenvolveram uma ferramenta baseada na TCP e nas MRs²³, o *Body Grid*, para investigar a imagem que as pessoas têm a respeito de seus próprios corpos, na área de Medicina.

Fransella, Bell e Bannister (2004) citam várias pesquisas que aplicam especificamente as MRs. Os assuntos dessas pesquisas são diversos. Envolvem temas tais como: abuso, anorexia, bulimia, obesidade, autoimagem corporal, depressão, suicídio, comportamento obsessivo, fobias, esquizofrenia, professores, ensino, profissões, dificuldades de aprendizagem, relações sociais, linguagem, fala, drogas, família, trabalho forense, planejamento, pesquisa de mercado, política, carreira, esporte, arte, xadrez e controle de fertilidade. Fransella (2003) constitui outra importante fonte de trabalhos sobre a TCP e/ou que a utilizam.

Saúl et al. (2012) fizeram uma revisão bibliométrica da técnica das MRs abrangendo o período entre 1998 e 2007. Pesquisaram em vinte e quatro fontes bibliográficas e encontraram 973 (novecentas e setenta e três) referências às matrizes de repertório em áreas tais como: saúde, ciência da computação, *marketing*, engenharia, turismo, arte, economia, agricultura, educação, política, religião e esportes, por exemplos.

McCloughlin e Matthews (2017) utilizaram matrizes de repertório para pesquisar conceitos de Biologia. Nesse caso específico, analisaram a construção do conceito de equinos. Em um dos atores sociais pesquisados, um aluno do ensino médio irlandês, descobriram um problema estrutural onde ‘zebra’ está mais distante de ‘cavalo’ do que ‘bode’. Utilizaram a Análise de Agrupamento Hierárquico (AAH) para essa detecção.

Em 1992, a professora Heloisa Flora Brasil Nóbrega Bastos, *PhD.*, defendeu sua tese de doutorado baseada na TCP (BASTOS, 1992). Ela foi a ou uma das pioneiras no Brasil nas pesquisas em Ensino de Ciências e de Matemática com essa teoria. Posteriormente, junto com outros professores, criou um grupo no Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências e Matemática da UFRPE (PPGEC-UFRPE) que desenvolveu investigações nas quais essa teoria

²³ De acordo com Brasil (2020), Silva (2020), IPEA (2020) e Estadão (2020), usa-se a pluralização de siglas em português. Por exemplo, utiliza-se “os PMs prenderam” para significar “os policiais militares prenderam”. Essa questão ainda é um pouco controversa, mas a pluralização de siglas tem se consagrado pelo uso nos principais veículos escritos e nas comunicações oficiais.

foi o cerne. Pode-se considerar que esse foi o principal grupo de pesquisas da teoria kellyana no país. Seus ex-membros têm realizado e/ou orientado pesquisas em Ensino de Ciências e Matemática em diversos níveis, utilizando a teoria de Kelly.

Na próxima seção, destacam-se algumas pesquisas em Ensino de Física baseadas na TCP e oriundas do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática da Universidade Federal Rural de Pernambuco (PPGEC-UFRPE).

2.3 Teoria dos Constructos Pessoais no Ensino de Física

Faz anos que a TCP fundamenta dissertações do mestrado em Ensino das Ciências e Matemática da UFRPE. Um estudo realizado por Turuda (2009) revelou alguns dados sobre o estado da arte delas em relação à TCP, na subárea de Ensino da Física. Segundo essa fonte, nesse programa de pós-graduação, entre os anos de 2001 e 2008, o número de dissertações fundamentadas nessa teoria foi significativo em relação ao total de dissertações defendidas pelo referido programa de pós-graduação. O Ciclo da Experiência de Kelly (CEK) foi o aspecto teórico mais explorado, mas houve crescimento no número das que usam MRs. Outro aspecto que foi citado cada vez com mais frequência foi o ‘Corolário da Fragmentação’. O Corolário da Fragmentação afirma que dois subsistemas de constructos conflitantes entre si podem coexistir dentro de um mesmo sistema. Deve-se salientar que a existência de inconsistências não é algo completamente negativo dentro da teoria. Kelly (1955; Anexo B) argumentou que não seria possível estabelecer o polo do contraste de um constructo se tudo fosse consistente com tudo. Do mesmo modo, o estabelecimento do polo da semelhança é impossível dentro da inconsistência absoluta. A consistência e a inconsistência absolutas são contrárias à TCP. Dão-se maiores detalhes sobre essas questões no capítulo 4.

Rodrigues (2005) realizou uma pesquisa a respeito do conceito de energia com estudantes do Ensino Médio. Inicialmente, com auxílio de mapas conceituais²⁴ e de MRs, detectou a existência de fragmentações nos sistemas de construção dos estudantes. Aplicou uma intervenção didática visando a reduzir essas fragmentações e fez nova verificação com os mesmos instrumentos. O constructo científico ‘cinética ↔ potencial’ serviu de parâmetro para Rodrigues (2005) determinar que sistemas de construção se encontravam fragmentados ou não.

²⁴ Conforme Moreira (2006, p. 9), “mapas conceituais são apenas diagramas que indicam relações entre conceitos”.

Outros mestres em Ensino de Ciências e Matemática utilizaram constructos científicos para fazerem avaliações e inferências a respeito de sistemas de construção dos atores sociais de suas pesquisas. Ferreira (2005) e Santos (2006) certamente utilizaram o constructo científico ‘ondulatório ↔ corpuscular’ em seus respectivos trabalhos referentes à dualidade da luz e à difração de elétrons. Rocha (2005) desenvolveu sua dissertação inteira sobre o constructo ‘aristotélico ↔ galilaico’. Medeiros (2006) usou vários constructos científicos, tais como ‘transparente ↔ opaco’ e ‘cristalino ↔ amorfo’, para avaliar a corretividade de sistemas de construção ao investigar o conhecimento sobre propriedades macroscópicas de materiais entre licenciandos de Física.

Neste trabalho, analisou-se também a fragmentação sobre cores em um livro didático de Física destinado ao Ensino Médio. Na próxima seção, versa-se um pouco a respeito das pesquisas acerca dos livros didáticos de Física.

2.4 Livros didáticos de Física

Baseados em uma análise de conteúdo e nas teorias de Transposição Didática de Michel Verret (1927-2017) e de Yves Chevallard (1946-), Silva e Errobidart (2013) realizaram uma pesquisa onde estudaram a evolução do saber a ensinar ao longo do tempo. Utilizaram três livros didáticos de Física com anos de publicação distintos: um de 1941, outro de 1970 e um último de 2011. Comparando-se os três, Silva e Errobidart (2013, p. 7) concluíram que:

A análise dos três livros sugere diferentes alterações sobre o saber a ensinar de ótica com o passar dos anos: a alteração na forma de apresentação dos saberes parciais que passam de capítulos a tópicos ou subtópicos; a abordagem conceitual fica mais sucinta, reduzindo-se a explicitação de leis e teorias; a aplicação do conceito deixa de ser feita pela descrição de aparelhos/instrumentos e aspectos do seu funcionamento para explorar relações com o cotidiano.

Fernandes Sobrinho e Carneiro (2014) analisaram e discutiram o ‘saber a ensinar’ e o ‘saber sábio’ presentes em seis dos dez livros didáticos de Física constantes no Guia de Livros Didáticos – PNLD/2012, especificamente no que tange à decomposição da luz branca solar em diferentes cores. Também utilizaram como arcabouço teórico as teorias de Transposição Didática de Michel Verret e de Yves Chevallard. Deve-se destacar o saber sábio a respeito da decomposição da luz branca solar apresentado por Fernandes Sobrinho e Carneiro (2014, p. 43):

Em Óptica, Newton (1704) busca uma relação matemática entre as faixas de cores presentes no arco-íris e as sete notas musicais. Cumpre lembrar que o próprio Newton, em sua publicação de 1672, precedente à Óptica, considerava apenas cinco faixas de cores visíveis no arco-íris. Somente no trabalho publicado em 1704 resolveu inserir duas novas faixas, convencionando as 7 (sete) – faixas – que constituem a luz solar e que se traduzem nas conhecidas, do senso comum, “7 (sete) cores” do arco-íris. Sublinhe-se que a concepção científica atual assume que são infinitas as cores que compõem a luz na faixa de frequência de luz visível.

Considerando-se cor como a frequência da onda eletromagnética, a última frase do trecho acima é o saber sábio da ciência, ou seja, a luz branca solar é decomposta em infinitas cores/frequências. Se, entretanto, considerarmos cor como uma faixa de frequências, Newton estará errado ao atribuir sete cores ao arco-íris, pois a cor anil não é distinta da cor azul, hoje em dia, como já se mencionou que afirma Guimarães (2000).

Silva e Medeiros Júnior (2017) simularam, de acordo com as teorias de cor apresentadas por alguns livros didáticos de Física, as previsões de cores observadas na bandeira brasileira sob a iluminação de diferentes cores. Depois, realizaram o experimento e mostraram que as teorias não previam corretamente as observações. Uma das críticas feitas por Silva e Medeiros Júnior (2017, p. 615) é que os autores de livros didáticos ignoraram aspectos biológicos do modo como seres humanos enxergam cores:

Em suas respostas, os autores não levam em consideração o sistema de formação de cores CMY, no qual, o pigmento de cor amarela absorve a luz azul e reflete tanto as luzes de cor verde, quanto as de cor vermelha. Quando o autor não menciona outras possíveis situações, em que objetos podem ser iluminados com luz dicromática, por exemplo, ele corre o risco de deixar o aluno condicionado a pensar que, se um objeto de uma cor qualquer for iluminado com uma luz de cor diferente da original (ou seja, distinta da iluminação solar ou luz branca), sempre se apresentará preto.

A cor amarela pode ser obtida, pelo menos, de duas maneiras diferentes: cor pura ou mistura de cores. Discute-se essa questão na seção 3.6 e no trabalho apresentado no II Sinect (Apêndice I).

Na próxima seção, fala-se um pouco sobre o uso da Análise de Conteúdo em MR e na TCP pelo mundo.

2.5 Teoria dos Constructos Pessoais e Análise de Conteúdo

Uma das atividades mais importantes nas análises de conteúdo – que foi utilizada nesse trabalho para estudar um livro didático –, é a categorização. Segundo Bardin (2016), a

categorização é o processo de agrupar diferentes elementos em um mesmo conjunto, de acordo com algum critério analítico.

Cientistas do mundo inteiro usaram a análise de conteúdo e categorizaram constructos. Como a TCP nasceu no âmbito da Psicologia, nada mais natural que essas pesquisas estejam concentradas nessa área do saber. Na expectativa de criar um padrão para a categorização de constructos, de acordo com Rodrigues, Rosário e Ribeiro (2013), Feixas, Geldschläger e Neimer conceberam o Sistema de Classificação dos Constructos Pessoais (SCCP), constituído de quarenta e cinco categorias de conteúdo divididas em seis áreas básicas (moral, emocional, relacional, pessoal, intelectual/operacional e valores e interesses) e duas áreas suplementares (existencial e descritores específicos).

Montesano, Feixas e Varlotta (2009) usaram esse sistema para estudar constructos pessoais associados à depressão e o validaram em língua espanhola. Os já citados Rodrigues, Rosário e Ribeiro (2013) fizeram uma validação do mesmo para a língua portuguesa, de Portugal. Feixas, Pizzonia e Dada (2010) estabeleceram-no para o italiano.

Apesar de sua importância, porque esse sistema é mais eficaz na área de Psicologia e este trabalho não pertence a essa área, ele não foi utilizado aqui. Alternativamente, usou-se uma classificação de constructos do próprio Kelly (1955)²⁵.

No próximo capítulo, versa-se sobre o conceito de cor.

²⁵ Figura 50, p. 61.

3 CONCEITO DE COR

*Há um pássaro azul no meu coração
que quer sair
mas eu sou demasiado duro para ele,
e digo, fica aí dentro,
não vou deixar
ninguém ver-te.*

(Henri Charles Bukowski, em O Pássaro Azul)

Figura 6 - Vermelho e Verde
em Mutações Cromáticas, de
Israel Pedrosa, 1986.



Fonte: Enciclopédia Itaú
Cultural.

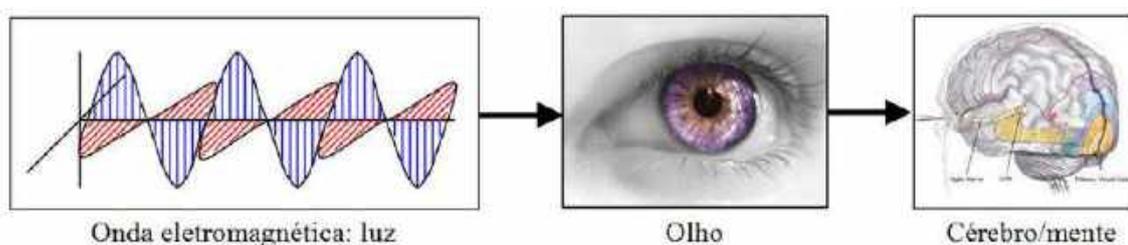
O trecho de um poema de Charles Bukowski (1920-1994) abre o presente capítulo. O texto fala de uma ave metafórica que representa um segredo, algo que o eu poético guarda e esconde de outros. Israel Pedrosa pintou Vermelho e Verde em Mutações Cromáticas. Um importante livro brasileiro sobre cores intitula-se Da Cor à Cor Inexistente, de Pedrosa (1982). O pintor usa em seu quadro as teorias e as técnicas que ensina no livro. O tema comum do texto e da imagem de abertura desse capítulo remete à ideia de coisas ocultas ou pouco visíveis e que exigem grande esforço e sutileza para serem percebidas. O conceito de cor, da mesma forma como descrito pelo poema e mostrado na pintura, esconde e revela nuances e segredos.

As cores fazem parte do cotidiano das pessoas. Quando alguém compra um produto, tal como um automóvel ou um artigo de vestuário, provavelmente a cor é um dos critérios para se realizar a escolha. A seleção das cores para as embalagens dos produtos tenta ser de tal modo que atraia os consumidores. Cabeleireiros anulam uma tintura capilar muito avermelhada utilizando a cor complementar do vermelho, o verde. Pessoas fazem projetos gráficos na frente dos monitores de seus computadores – equipamentos que usam o sistema de cores RGB – e mandam os arquivos para suas impressoras – aparelhos que usam o sistema CYMK. Pelo fato

de esses equipamentos trabalharem em sistemas de cores diferentes, quando o projeto e a impressão são comparados, nem sempre o resultado é o esperado. Fatos como esses e outros tantos envolvem conhecimentos científicos a respeito de cores, tornando o estudo delas fundamental para a formação dos cidadãos.

Para o presente trabalho, considerou-se a cor como resultado da interação entre a cor física e as mentes humanas (Figura 7), passando pelos órgãos sensoriais. Por isso, para início, nas próximas seções, define-se cor de acordo com ideias exclusivamente da Física. Depois, fala-se um pouco de morfologia e fisiologia do olho humano e da visão, explana-se sobre a sensação e a percepção das cores e fala-se a respeito das ideias psicológicas que elas evocam.

Figura 7 - Cor: da luz à mente humana.



Fonte: montagem do autor.

3.1 Conceitos físicos de luz e de cor

Além de Isaac Newton ter criado as leis da Mecânica Clássica, seus estudos também exerceram, e ainda exercem, muita influência em Óptica. Suas experiências envolvendo a decomposição da luz branca repercutem bastante em trabalhos posteriores sobre o tema. O tradutor do primeiro livro de Newton (2002) sobre Óptica para português do Brasil, o físico André Koch Torres Assis, informa, em nota de rodapé dessa obra, que no início Newton contou cinco cores no arco-íris obtido da decomposição da luz branca. Posteriormente, Newton teria visto sete: ‘vermelho’, ‘laranja’, ‘amarelo’, ‘verde’, ‘azul’, ‘anil’ e ‘violeta’.

Guimarães (2000) diz que, embora poucos identifiquem hoje em dia o anil como cor, vários livros didáticos do Ensino Médio trazem-no em suas explicações e gravuras. Isso é uma influência newtoniana. Afirma ainda que, ao olhar para o espectro eletromagnético ou arco-íris, um ser humano na atualidade provavelmente vê seis cores básicas: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e violeta. O anil é identificado como uma variação de azul.

Realizou-se uma breve análise de livros didáticos de Física sobre a questão das sete cores do arco-íris. O resultado é mostrado no Quadro 1.

Quadro 1 - Exemplos de livros do Ensino Médio com a cor ‘anil’.

Obra	Descrição	Localização
Ramalho Júnior, Ferraro e Soares (2009).	Figura mostrando a cor ‘anil’ na decomposição da luz branca após passar por um prisma.	p. 304
Bôas, Doca e Biscuola (2007).	Figura mostrando a cor ‘anil’ na decomposição da luz branca após passar do ar para a água.	p. 355
Luz e Álvares (2005).	Figura mostrando a cor ‘anil’ na decomposição da luz branca após passar por um prisma.	p. 207
Gaspar (2000).	Acha a ideia da cor ‘anil’ desnecessária. Diz não ser relevante a questão de quantos nomes são dados às cores do espectro, pois utiliza o conceito de cor da Física que dispensa tal denominação.	p. 172

Fonte: autor.

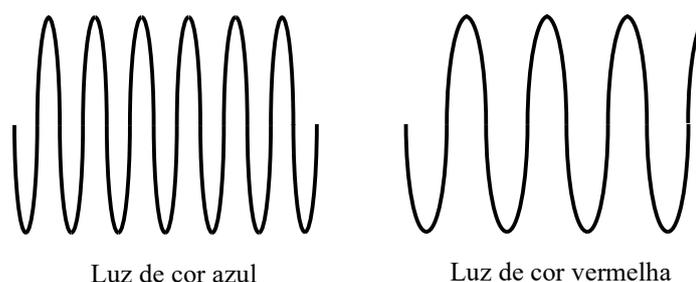
Para os físicos, a cor está intimamente associada à luz, como pode ser conferido em Nussenzveig (1998) e Halliday, Resnick e Walker (2009), por exemplos. A maioria dos físicos segue a tradição newtoniana de definir a cor como efeito exclusivo da luz. Goethe (1840) e Schopenhauer (2003) discordaram fortemente desse ponto de vista newtoniano. Para eles, o papel da retina na interpretação da cor é fundamental e consideraram uma ideia reducionista atribuir à luz toda a explicação do fenômeno cor. As demais influências para o conceito da cor são discutidas em outras seções. Nessa seção, a cor é encarada como mero fenômeno luminoso.

Há dois modelos científicos para a luz: o ondulatório e o corpuscular. Algumas vezes, estudam-se e se compreendem os fenômenos envolvendo a luz em um modelo; nos demais casos, é necessário usar o outro. Os físicos já têm critérios para determinar em quais fenômenos a luz se comporta de uma maneira ou de outra, mas não conseguiram criar um modelo único, aplicável para todos os casos. Em Física, essa situação de usar os dois modelos chama-se ‘dualidade onda-partícula’. Para um melhor entendimento sobre a dualidade onda-partícula pode-se consultar Eisberg e Resnick (1979) ou Halliday, Resnick e Walker (2009). Além desses dois modelos científicos, de acordo com Crowell (2020), o Ensino Médio oferece um modelo alternativo: o modelo de raios luminosos.

No modelo ondulatório da luz, ela é encarada como uma onda eletromagnética, ou seja, uma perturbação em campos elétricos e magnéticos que se propaga, transportando energia e momento linear. As principais características de uma onda são: natureza, velocidade de propagação (v), frequência (f), comprimento de onda (λ) e amplitude (A). A natureza de uma onda pode ser mecânica ou eletromagnética. A luz é de natureza eletromagnética. Frequência (f) é a quantidade de pulsos por unidade de tempo. Comprimento de onda (λ) é a distância entre dois pulsos e está intimamente relacionada com a velocidade de propagação (v) e a frequência (f) através da equação $v = \lambda \cdot f$. Amplitude é o valor da maior perturbação.

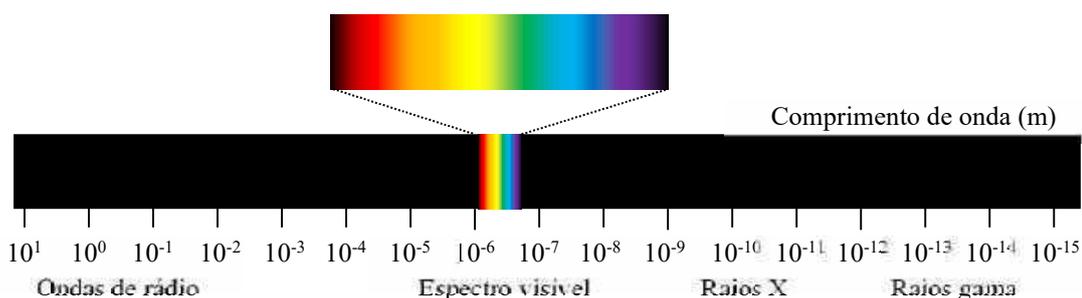
A velocidade de propagação da luz no vácuo independe da frequência da onda eletromagnética e é bastante conhecida. É representada pela letra ‘c’ e vale, aproximadamente, $3,0 \cdot 10^8$ m/s. Nos meios materiais, essa velocidade é menor do que esse valor. A luz pode ter diferentes frequências e, conseqüentemente, diferentes comprimentos de onda (Figura 8). A Figura 9 mostra um esquema com parte do espectro eletromagnético de acordo com o comprimento de onda. A frequência (f) – ou o comprimento de onda (λ) no vácuo, por causa da relação $v = \lambda \cdot f$ – é o que caracteriza as cores, em Física. Luzes de cores diferentes possuem frequências distintas. Em meios materiais, as luzes de menores frequências propagam-se com velocidades maiores do que as de maior frequência. Esse fato se reflete em um número chamado ‘índice de refração’. Ou seja, em meios materiais, o índice de refração depende da cor da luz. Quando se afirma que na luz branca solar há infinitas cores, quer-se dizer que ela é composta por ondas eletromagnéticas com uma diversidade infinita de frequências.

Figura 8 - Representações de ondas eletromagnéticas azul e vermelha (Fora de escala).



Fonte: autor.

Figura 9 - Espectro eletromagnético.



Fonte: autor, adaptado de Halliday, Resnick e Walker (2009).

Nessa concepção de cor, onde ela é uma propriedade da luz, ‘rosa’, ‘marrom’ e ‘cinza’ não podem ser considerados cores, pois não há nenhuma frequência de luz única que corresponda a elas.

No modelo corpuscular da luz, essa é entendida como formada de partículas chamadas fótons. Essas partículas não têm massa e se deslocam à velocidade da luz. A característica

principal de um fóton é a sua energia (E), dada por $E = h \cdot f$, onde h é uma constante chamada de ‘constante de Planck’ e de valor igual a $6,63 \cdot 10^{-34}$ J·s; e ‘ f ’ é a frequência da luz, no modelo ondulatório. Cores diferentes apresentam fótons com valores de energia diferentes. Quanto maior for a frequência da luz, mais energia têm seus fótons.

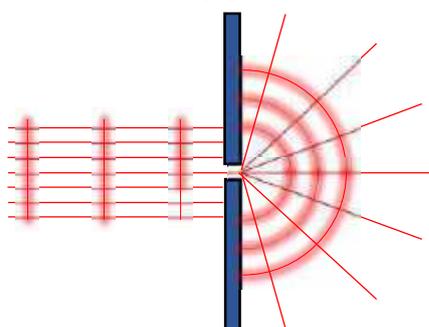
De acordo com Eisberg e Resnick (1979), o modelo ondulatório explica os fenômenos da interferência e da difração da luz e todos os fenômenos relacionados com a sua propagação. O modelo corpuscular explica fenômenos como o Efeito Fotoelétrico e o Efeito Compton e todos os fenômenos que envolvem interação da luz com a matéria.

Paralelo aos modelos científicos ondulatório e corpuscular da luz, no Ensino Médio prevalece o ‘modelo de raios’. Crowell (2020) afirma que o modelo de raios luminosos pode ser considerado como um terceiro modelo. Nele, a luz é representada por linhas com a propriedade de refletirem em um objeto (reflexão) e, às vezes, se as condições forem adequadas para isso, de mudarem de direção de propagação quando passam de um meio para outro (refração). A cor no modelo de raios é uma propriedade do raio. Assim, um ‘raio de luz vermelha’ tem a propriedade de ter a cor vermelha. Nos livros didáticos do Ensino Médio, afirma-se que os raios representam a direção de propagação da luz. A maioria desses livros, entretanto, menciona isso de modo pouco significativo e só retomam essa ideia muitos capítulos depois. Isso quando o fazem.

O modelo de raio de luz parece ser outra herança newtoniana. A primeira definição de Newton (2002, p. 39) é exatamente essa: “por raios de luz entendo as partes mínimas da luz, e as que tanto são sucessivas nas mesmas linhas como simultâneas em várias linhas”.

Fisicamente, não existem raios de luz individuais. Na tentativa de se obter um único raio de luz individual, quando a luz passa por uma fenda muito estreita, ocorre o fenômeno da difração. Isso significa que, em vez de obter um único raio de luz, obtêm-se um feixe de raios divergentes (Figura 10).

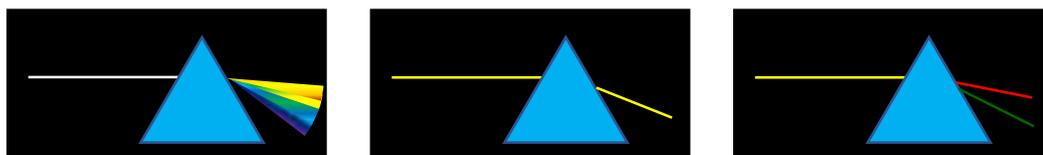
Figura 10 - O fenômeno da difração impede de se obter um raio de luz individual.



Fonte: autor.

Por causa do fenômeno da refração, um raio de luz branca – na verdade, um feixe de raios paralelos – decompõe-se em infinitos raios de luz, cada um com uma cor. Como descrito na seção 3.6, há, pelo menos, dois tipos de luz amarela: a simples e a composta. Desse modo, um raio de luz amarela poderia atravessar um prisma e resultar em um único raio de luz amarela para o caso simples ou em mais de um raio, no caso de luz amarela composta (Figura 11).

Figura 11 – Comportamento distinto para raios de luz atravessando um prisma.



Fonte: autor.

Deve-se notar que a Figura 11 apresenta, em todas as suas partes, incorreções de proporção, de escala e de representação, devendo ser considerada apenas para ilustrar algumas das ideias que aparecem no texto escrito.

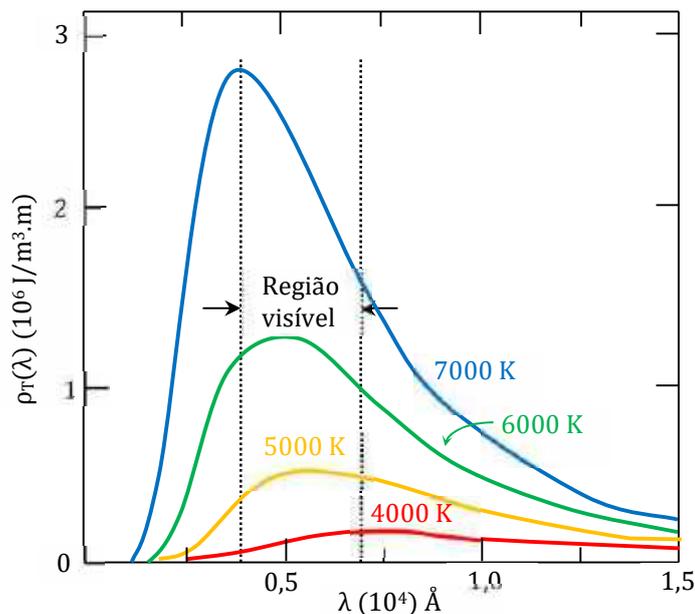
Existe uma relação entre a temperatura de um corpo e as frequências/cores das ondas eletromagnéticas emitidas por ele. Explana-se a esse respeito na próxima seção.

3.2 Temperatura e cor

De acordo com Llewellyn e Tipler (2001), a temperatura de um corpo está relacionada à agitação das partículas que o constituem. Como os corpos possuem partículas carregadas eletricamente, essa agitação implica uma emissão de radiação eletromagnética. Quanto maior a agitação, maior a frequência média da radiação emitida. A radiação absorvida do ambiente aumenta a temperatura do corpo e a emissão de radiação a diminui. Em certas condições, o corpo entra em equilíbrio térmico com o meio ambiente. Em Física, um corpo capaz de absorver toda a radiação que incide sobre ele é chamado de ‘corpo negro ideal’ ou, simplesmente, ‘corpo negro’. Um corpo negro ideal em equilíbrio térmico com o ambiente irá emitir a mesma quantidade de radiação que recebe. Portanto, além de um excelente absorvedor de radiação, um corpo negro também é um perfeito emissor dela. Estudos mais aprofundados mostram que a potência da radiação emitida por um corpo negro ideal depende exclusivamente (da quarta potência) de sua temperatura absoluta, como dizem Eisberg e Resnick (1979).

Ainda segundo Eisberg e Resnick (1979), a Lei do Deslocamento de Wien (Figura 12) para o corpo negro estabelece que o espectro de emissão tem um máximo que se desloca para ondas de frequências maiores ou, equivalentemente, para comprimentos de onda menores, à medida que a temperatura absoluta aumenta. Traduzindo isso em termos de cores, para a Física, um corpo emitindo radiação na faixa de frequência do vermelho está mais frio do que outro que emite na faixa de frequência do azul.

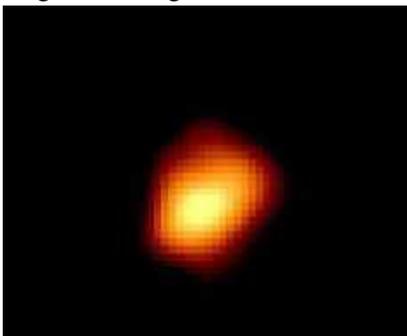
Figura 12 - Deslocamento do máximo do comprimento de onda.



Fonte: Eisberg e Resnick (1979, p. 38).

Esse conhecimento permite astrônomos afirmarem que a temperatura superficial de uma estrela gigante vermelha (Figura 13) é menor do que a temperatura na superfície de uma estrela azul (Figura 14). De fato, a temperatura estimada da superfície de uma gigante vermelha é menor do que 5.000 K, enquanto a de uma gigante azul é mais alta do que 20.000 K.

Figura 13 - Gigante vermelha Mira.



Fonte: Wikipédia (2020a).

Figura 14 - Gigantes azuis em M15.



Fonte: Wikipédia (2020b).

Pelos princípios físicos, a parte azulada da chama de uma vela é a sua parte mais quente (Figura 15). Da mesma forma, o vídeo Chama Azul e Amarela da Liquigás (2020) informa que uma chama amarelada indica queima incompleta de gás, temperatura de chama mais baixa e desperdício de combustível por regulagem ruim da entrada de oxigênio (Figura 16).

Figura 15 - Chama de uma vela.



Fonte: Pxhere (2020).

Figura 16 - Chama amarelada por queda na temperatura.



Fonte: Liquigás (2020).

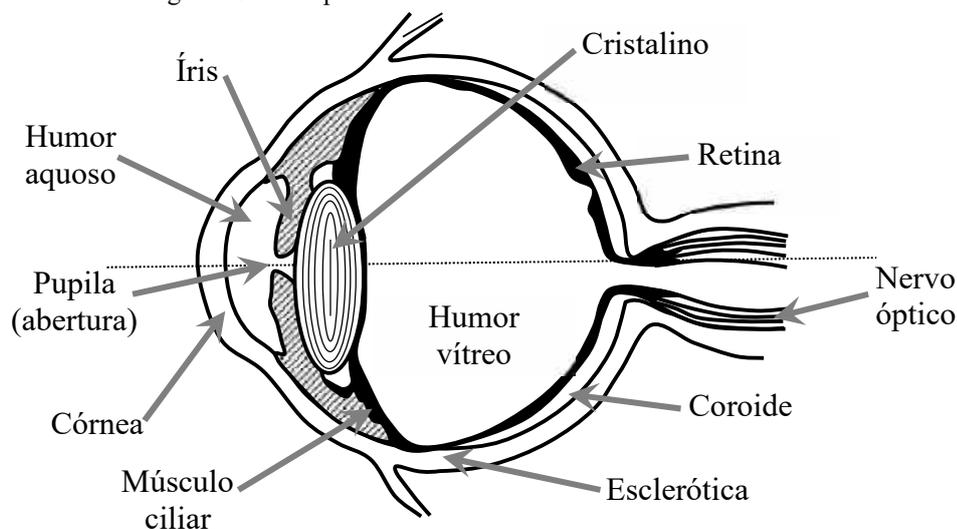
Dentro da complexidade do conceito de cor, não é possível falar dele sem entender como os seres humanos enxergam superfícies cromáticas. Isso é esclarecido a partir da próxima seção.

3.3 A visão e o olho humano

Nesta seção, descrevem-se, de forma sucinta, o olho e a visão humanos nos aspectos fisiológicos e neurológicos, destacando os que são importantes e associados à visão de cores.

O olho humano é um órgão de forma esférica, de diâmetro aproximado de 2,5 cm. Sua função principal é captar a luz proveniente do ambiente e transformá-la em impulsos nervosos que serão processados pelo cérebro. O olho é constituído de muitas partes que se inter-relacionam. A Figura 17 mostra os principais componentes da estrutura do olho humano, que são sucintamente descritas no Quadro 2, de acordo com informações compiladas de Charman (1995), Cabral e Lago (2004); Navy (2005) e Lens (2006).

Figura 17 - Componentes básicos da estrutura do olho humano.



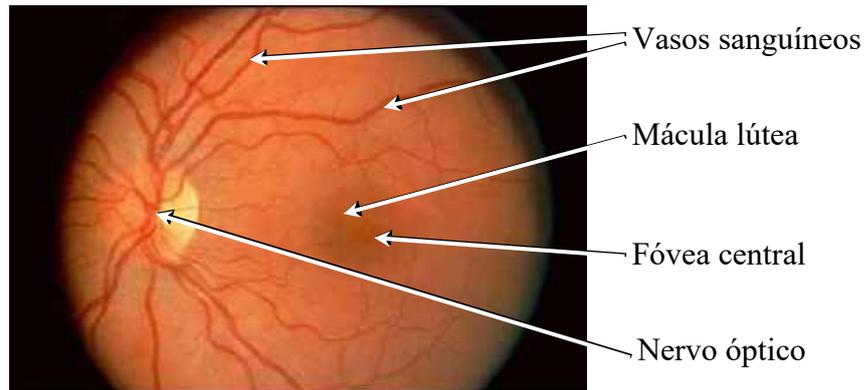
Fonte: autor, adaptado de Calçada e Sampaio (1998, p. 222).

Quadro 2 - Partes do olho humano e suas descrições.

Parte	Descrição
Córnea	Membrana transparente feita de várias camadas na parte frontal do olho humano e em contato com o ar e o ambiente externo. Por ter índice de refração 1,38 e estar em contato direto com o ar (Índice de refração igual a 1,00), é a parte do olho com maior poder refrativo.
Esclerótica	Continuação da córnea que continua até o fundo do olho, contendo vasos sanguíneos e nervos.
Íris	Parte colorida do olho. No seu centro encontra-se a pupila.
Pupila	Abertura por onde a luz penetra no olho, após passar pela córnea e pelo humor aquoso.
Humor aquoso	Líquido que preenche o espaço entre a córnea e o cristalino.
Cristalino	Funciona como lente convergente. Sua principal função é ajustar o foco haja vista que possui formato variável. Seu formato varia de acordo com os músculos ciliares.
Músculos ciliares	Responsáveis por modificar a curvatura do cristalino, alterando o foco do olho.
Humor vítreo	Líquido que preenche a cavidade entre o cristalino e a retina.
Coroide	Membrana que se situa entre a esclerótica e a retina.
Nervo óptico	O principal nervo do olho. É ele que leva os impulsos nervosos do olho para o cérebro (Figura 18).
Retina	Membrana composta de células sensíveis à luz. A sua primeira camada é constituída de 'bastonetes' e de 'cones'.
Mácula lútea	Região da retina onde se concentram os bastonetes (Figura 18).
Fóvea central	Região central da mácula lútea, onde se concentram os cones. É a região onde a visão é mais precisa à luz do dia (Figura 18).
Bastonetes	Células sensíveis à luz. São responsáveis pela visão em ambientes escuros (Figura 19 e Figura 20).
Cones	Células sensíveis às luzes coloridas e, portanto, pelas cores. São de três tipos: sensíveis à luz vermelha, à luz azul e à luz verde (Figura 19 e Figura 20).

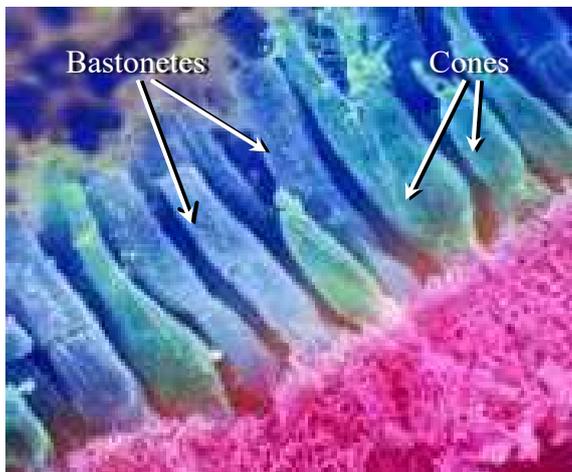
Fonte: autor, compilado e adaptado de Charman (1995), Cabral e Lago (2004); Navy (2005) e Lens (2006).

Figura 18 - Fotografia da retina.



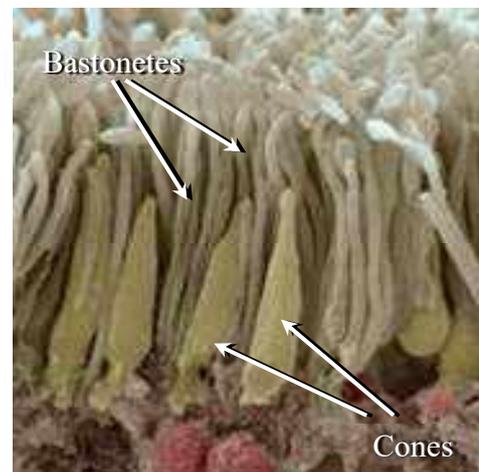
Fonte: Universidade de Washington (2008).

Figura 19 - Microfotografia de cones e bastonetes.



Fonte: Brown (200-).

Figura 20 - Microfotografia da retina.

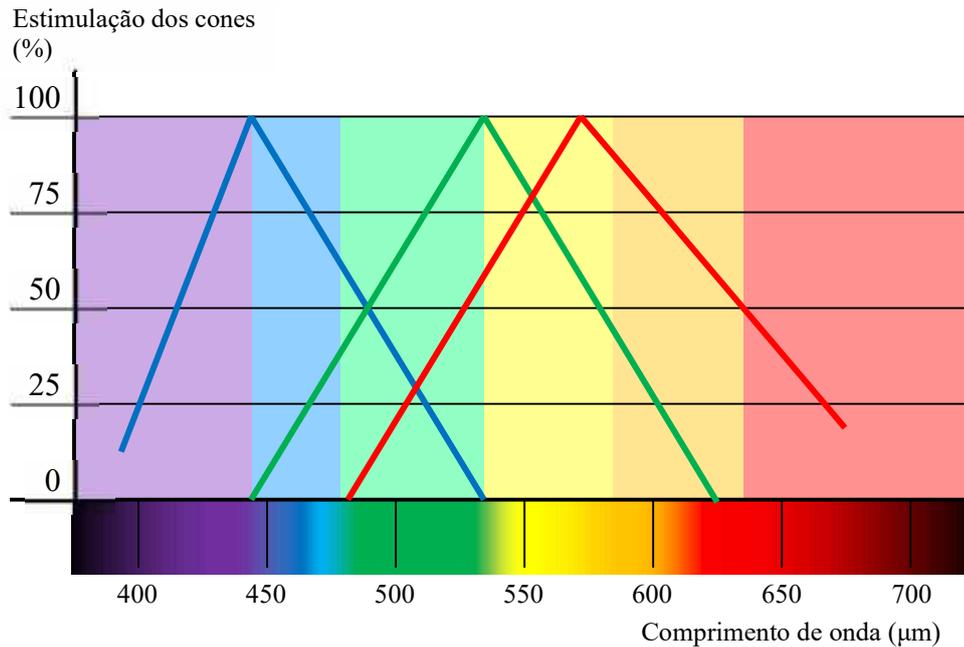


Fonte: Photo Researches (2008).

A Figura 21 mostra os limites de cores e a sensibilidade de cada tipo de cone para elas. Essa é uma das teorias que explicam a visão de cores, segundo Guimarães (2000). Na seção 3.5, trata-se de composição de cores, esses aspectos da fisiologia da visão humana são retomados.

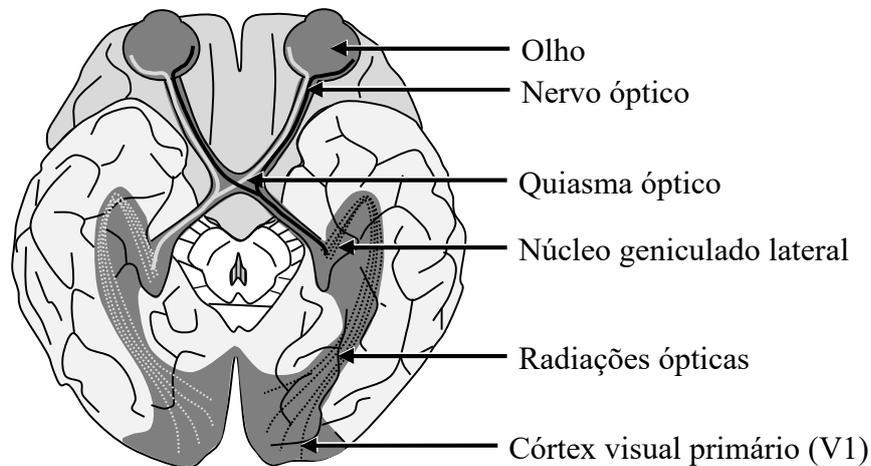
A visão humana é complexa. Envolve a sensação luminosa para posterior transformação em percepção. Estudos mostram que a região do cérebro responsável pelo processamento primário de imagens é o córtex visual, situado no lobo occipital (Figura 22). Segundo Rohkamm (2004), os impulsos nervosos vão da retina para o quiasma óptico através do nervo óptico, de onde seguem para o núcleo (ou corpo) geniculado lateral. As radiações ópticas começam no núcleo geniculado lateral e terminam nos córtices visuais primário (área 17, córtex V1), secundário (área 18, córtex V2) e terciário (área 19, córtex V3), localizados no lobo occipital, na parte posterior do cérebro.

Figura 21 - Cores e sensibilidade dos cones.



Fonte: autor, adaptado de Guimarães (2000, p. 35).

Figura 22 - O cérebro e o sistema visual (Vista inferior).



Fonte: autor, adaptado de Lens (2006).

O conceito de cor está intimamente associado à percepção e, por isso, há componentes físicos, químicos, biológicos, neurocientíficos e psicológicos no mesmo. Pintores com algum problema de visão evidenciam bem isso. Segundo Lanthony (2005), o pintor impressionista francês Claude Monet (1840-1926) sofreu de catarata. Comparando pinturas de um mesmo tema – uma ponte – em diferentes estágios da doença (Figura 23 e Figura 24), notam-se as mudanças na sua percepção das cores. A catarata torna o cristalino opaco e ele filtra a luz

permitindo passar luzes de cores com frequências menores e retendo as de maior frequência. Isso deixa tudo avermelhado.

Figura 23 - Nenúfares brancos.



Fonte: Monet (1889) *apud* Lanthony (2005, p. 60).

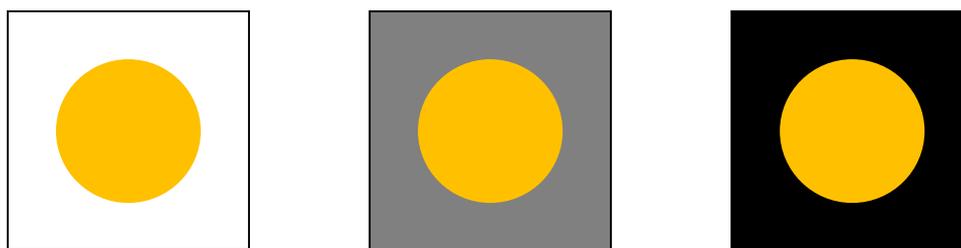
Figura 24 - Ponte japonesa.



Fonte: Monet (1918-24) *apud* Lanthony (2005, p. 60).

O caráter psicológico pode ser bem ilustrado por uma proposta de Pedrosa (1989). A Figura 25 mostra três quadrados com círculos. Os círculos têm a mesma cor física, mas parecem ser diferentes por causa da cor dos quadrados. A cor dos círculos é o resultado da interação da cor física com a cor do fundo.

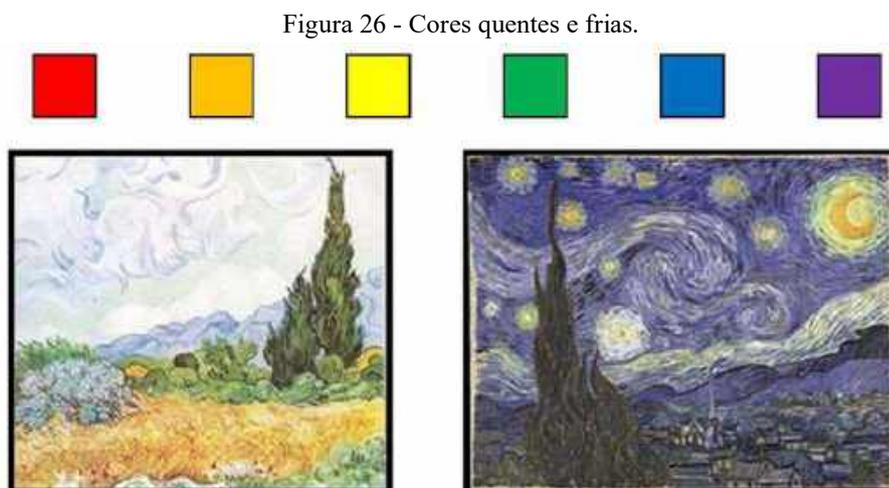
Figura 25 - Efeito do fundo sobre a cor percebida.



Fonte: autor, adaptado de Pedrosa (1992, p. 175).

Psicologicamente, a cor azul está associada à água e a cor vermelha, ao fogo. Em Arte, cores próximas do azul na sequência do espectro eletromagnético são as cores frias e as próximas do vermelho são as cores quentes. A Figura 26 reproduz duas obras de Van Gogh, pintor holandês. A primeira gravura é ‘Campo de trigo com ciprestes’ e a segunda é ‘A noite estrelada’. Na primeira obra, as cores quentes são usadas para transmitir a sensação de calor de um dia iluminado. Na segunda, as cores frias passam a ideia de um ambiente noturno.

Embora essa ideia de cores quentes e de cores frias seja da Arte e não da Ciência, ela é usada como técnica e envolve certo conhecimento científico. A ordem que vai das cores quentes para as frias (Figura 26) coincide com a ordem das cores no espectro eletromagnético (Figura 9, p. 37), com relação ao comprimento de onda.



Fonte: autor, montado a partir de Gogh (1889; 1889a).

Na próxima seção, trata-se de alguns aspectos que tentam caracterizar as cores através de três parâmetros: matiz, luminosidade e saturação. Esses parâmetros são usados para categorizar as cores.

3.4 Matiz, luminosidade e saturação

Segundo Guimarães (2000), três parâmetros são constantes para classificar cores: matiz, luminosidade e saturação. Ele mostrou uma tabela de equivalência de termos entre várias teorias (Quadro 3).

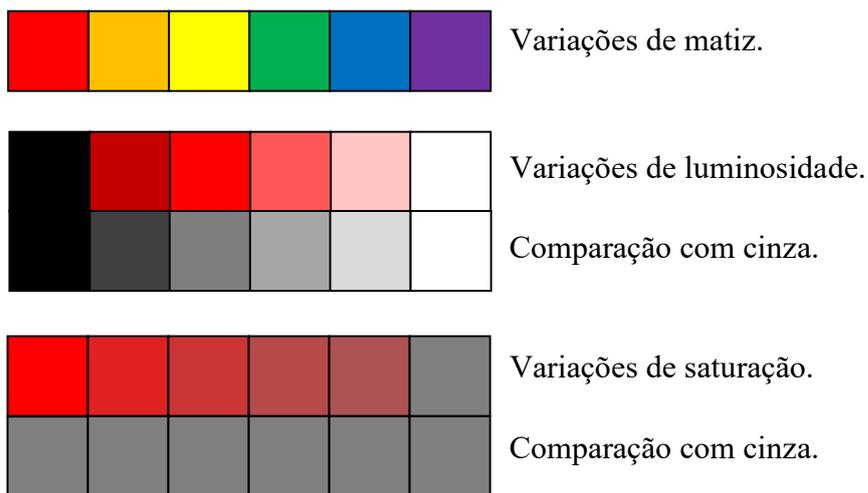
Quadro 3 - Equivalência entre termos para matiz, luminosidade e saturação.

Teórico	Munsell	Aumont	Varela	Pope	V.-Domingues	Outros
termos	matiz	matiz	croma	matiz	matiz	tom
	valor	luminosidade	brilho	obscuridade	valor de luminosidade	brilho
	croma	saturação	saturação	intensidade	grau de cromaticidade	saturação

Fonte: Guimarães (2000, p. 55).

Neste trabalho, adotam-se os termos ‘matiz’, ‘luminosidade’ e ‘saturação’ para esses respectivos conceitos/parâmetros. De acordo com Guimarães (2000), luminosidade tem a ver com a proximidade da cor do branco ou do preto e saturação tem a ver com o grau de pureza da cor. Matiz tem a ver com a frequência da luz. Para compreender melhor esses conceitos, deve-se observar a Figura 27.

Figura 27 - Variações de matiz, luminosidade e saturação.



Fonte: autor.

Kersten (2008) afirmou que Monet tinha, provavelmente, uma capacidade muito desenvolvida para avaliar o poder das cores. Na obra inaugural do movimento Impressionista – Impressão sol nascente – o artista pinta o Sol com a mesma luminosidade que o fundo onde se encontra, segundo Livingstone (2002). Em uma versão em escala de cinza (Figura 28), o Sol praticamente desaparece em relação ao fundo onde é pintado.

Figura 28 - Versão em escala de cinza de Impressão Sol nascente, Claude Monet, 1872.



Fonte: Livingstone (2002, p. 39).

Figura 29 - Versão em cores de Impressão Sol nascente, Claude Monet, 1872.



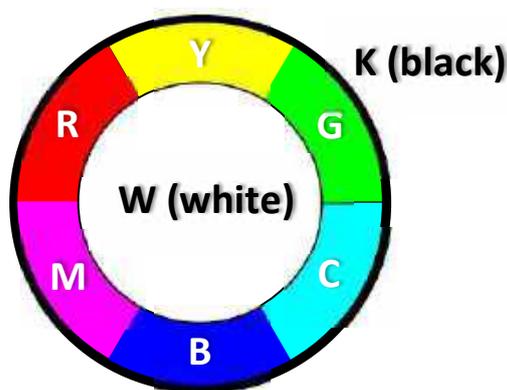
Fonte: Livingstone (2002, p. 39).

Livingstone (2002) explicou que os matizes são interpretados pelo cérebro em uma região diferente da que interpreta a luminosidade. Como a luminosidade da cor do Sol na pintura é a mesma do céu retratado, o cérebro entra em conflito. A parte do cérebro que interpreta os matizes indica que o Sol existe e a outra parte que interpreta a luminosidade informa o contrário. Isso cria um efeito perceptivo único, que não poderia ser criado de outro modo.

3.5 Sistemas de composição de cores

Os dois sistemas de composição de cores mais importantes para esse estudo são o sistema RGB (*red, green, blue* – vermelho, verde, azul) e o sistema CMYK (*cyan, yellow, magent, black* – ciano, amarelo, magenta, preto). O primeiro é utilizado nos monitores de televisores e de computadores. O segundo é utilizado em impressoras. Esses dois sistemas são considerados importantes porque estão envolvidos com um problema do cotidiano: em geral, a cor que se vê na tela do computador não corresponde à que é impressa pela impressora. Isso ocorre porque os dois equipamentos operam em sistemas diferentes. Na verdade, os dois sistemas são exatamente opostos (Figura 30).

Figura 30 - Círculo de cores com os sistemas RGB e CMYK.



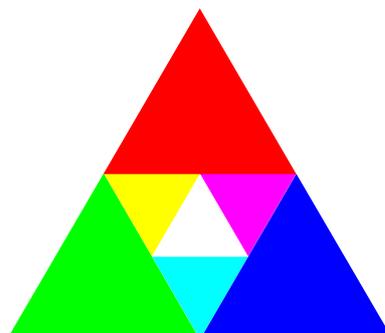
Fonte: autor.

Para reproduzir uma infinidade de cores, os monitores e as impressoras fazem uso de um número limitado delas. Para tanto, as poucas cores desses dispositivos, as chamadas cores primárias, são combinadas para formar as cores compostas. Há dois tipos básicos de composição, com diferentes conjuntos de cores primárias: a composição aditiva que envolve as cores-luz e a composição subtrativa que envolve as cores-pigmento. Os sistemas RGB e CMYK têm a ver respectivamente com essas duas formas de compor.

No sistema RGB, as cores primárias são o vermelho, o azul e o verde. A composição das cores-luz é do jeito que é devido à fisiologia do olho humano. A retina do olho humano é composta por células cones e células bastonetes. Os bastonetes são responsáveis pela variação na intensidade da luz, ou seja, captam a luminosidade. Os cones são responsáveis pelas cores, ou seja, são responsáveis pelo matiz e pela saturação. Há três tipos ou famílias de células cones na retina. São exatamente esses três tipos que definem as três cores primárias para a composição das cores-luzes.

A Figura 31 mostra que a combinação meio a meio com luzes vermelha e azul fornece a cor magenta (rosa); com vermelho e verde, fornece o amarelo; e a combinação do verde com o azul, o ciano. As cores magenta, ciano e amarelo são chamadas de ‘cores secundárias’ do sistema RGB. A combinação por igual do vermelho, do azul e do verde fornece a luz branca. O Quadro 4 resume de outra forma as informações da Figura 31.

Figura 31 - Composição aditiva. Sistema RGB.



Fonte: autor.

Quadro 4 - Composição aditiva ou RGB.

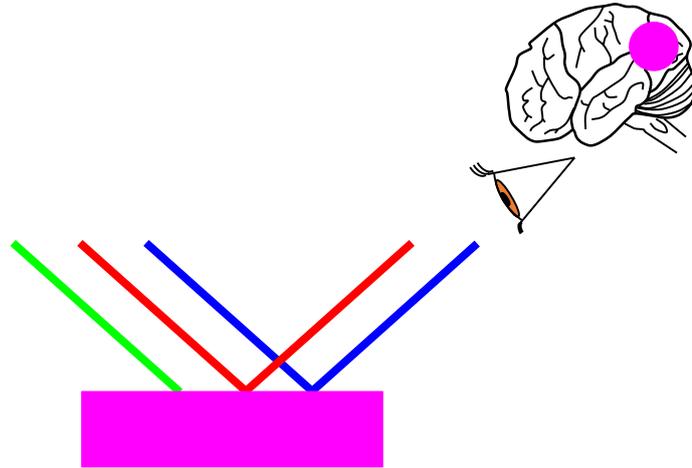
Combinação de luzes	Resultado
Vermelho	Vermelho
Vermelho + Verde	Amarelo
Verde	Verde
Verde + Azul	Ciano
Azul	Azul
Vermelho + Azul	Magenta
Verde + Azul + Vermelho	Branco
–	Preto

Fonte: autor.

Portanto, a luz branca é uma composição das luzes vermelha, azul e verde. Quando um objeto é iluminado por luz branca, ele pode absorver um desses componentes e refletir outros.

Por exemplo, um objeto pode absorver a luz verde. Nesse caso, ele devolverá para o ambiente, as luzes azul e vermelha. Como a combinação dessas duas luzes fornece o magenta, é essa cor que o objeto parecerá ter (Figura 32).

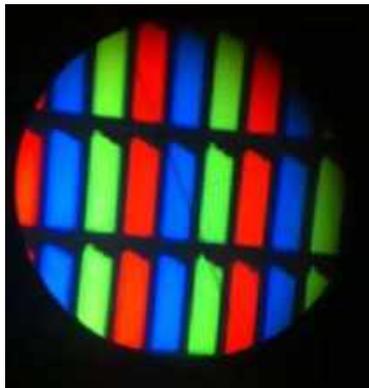
Figura 32 - Composição subtrativa: objeto magenta.



Fonte: autor.

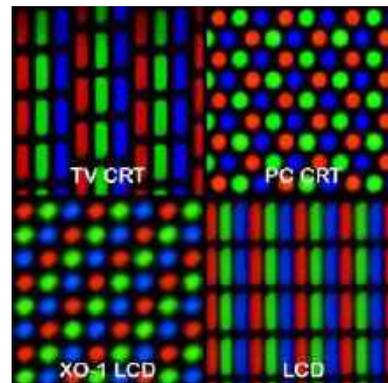
A Figura 33 e a Figura 34 a seguir mostram fotografias de monitores, mostrando os *pixels* de telas. Elas ilustram que o sistema RGB está na base da tecnologia de produção de imagens nesses dispositivos.

Figura 33 - Microfotografia de um monitor de *laptop*.



Fonte: Izzy Nobre (2011).

Figura 34 - Microfotografias de diferentes tipos de monitores.



Fonte: MyConfinedSpace (2013).

A Figura 35, o Quadro 4 e a Figura 37 mostram as combinações da composição subtrativa. Teoricamente, quando se subtraem todas as cores, a cor vista é o preto. Na prática, a mistura do amarelo, magenta e ciano não resulta em subtração completa da luz, resultando em

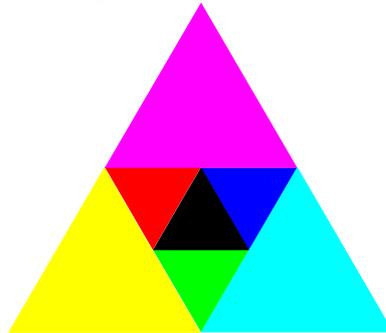
uma cor escura mais próxima do marrom escuro do que do preto. Por esse motivo, o sistema é CYMK, ou seja, usam-se as cores primárias subtrativas e mais o preto (*black*).

Quadro 5 - Composição subtrativa ou CYMK.

Combinação de pigmentos	Resultado
Magenta	Magenta
Magenta + Ciano	Azul
Ciano	Ciano
Ciano + Amarelo	Verde
Amarelo	Amarelo
Amarelo + Magenta	Vermelho
–	“Branco”
Magenta + Ciano + Amarelo Preto	Preto

Fonte: autor.

Figura 35 - Composição subtrativa. Sistema CYMK.



Fonte: autor.

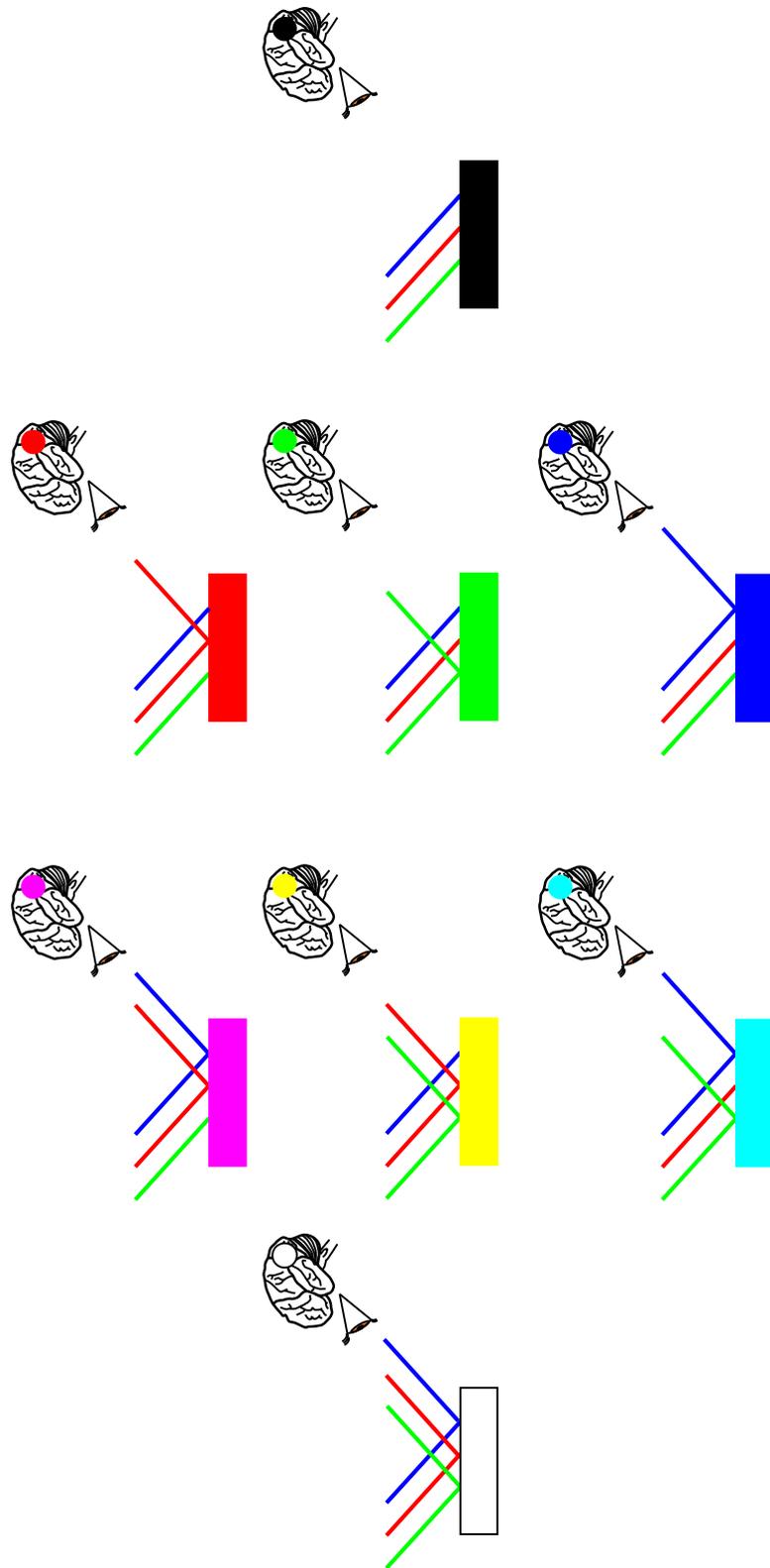
Ao contrário dos monitores e telas que utilizam o sistema de composição aditiva, RGB, as impressoras fazem uso do sistema de composição subtrativa, CMYK (Figura 36).

Figura 36 - Cartuchos de impressora colorida.



Fonte: Cartuchos Sorocaba (2020).

Figura 37 - Composições por subtração.



Fonte: autor.

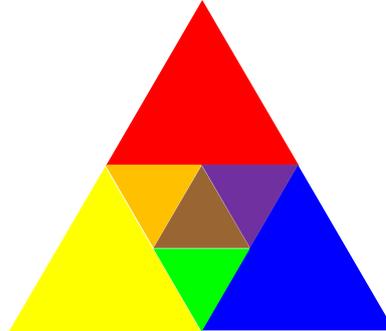
Outro sistema prático e comercial é similar ao da composição subtrativa. Ele é bastante usado em séries iniciais do Ensino Infantil. O sistema é o das tintas comerciais (Figura 38). As cores primárias são o vermelho, o amarelo, o azul, o branco e o preto. Vermelho e amarelo misturados fornecem laranja. Azul e vermelho fornecem violeta. Azul e amarelo fornecem verde. A mistura de vermelho, azul e amarelo resulta em marrom (Figura 39 e Quadro 6).

Figura 38 - Tintas comerciais.



Fonte: BRW Suprimentos (2020).

Figura 39 - Composição de cores-pigmento.



Fonte: autor.

Quadro 6 - Composição de cor-pigmento (tintas).

Combinação de tintas	Resultado
Vermelho	Vermelho
Vermelho + Azul	Violeta
Azul	Azul
Azul + Amarelo	Verde
Amarelo	Amarelo
Amarelo + Vermelho	Laranja
Vermelho + Azul + Amarelo	Marrom
Branco	Branco
Branco + Preto	Cinza
Preto	Preto
Vermelho + Branco	Rosa Magenta

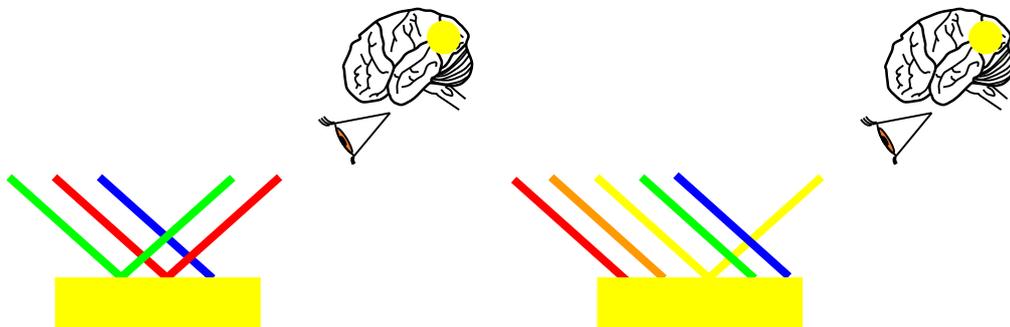
Fonte: autor.

O pigmento branco e o pigmento preto servem para mudar a saturação e a luminosidade das cores, mas também dão origem a duas cores: o cinza e o rosa. Branco e preto fornecem o cinza. Branco e vermelho fornecem a cor rosa que pode ser considerado também como magenta. Algo próximo do ciano pode ser obtido com a mistura entre branco e azul.

3.6 A questão dos dois amarelos

Na seção anterior, disse-se que a cor amarela era vista por composição da luz vermelha com a luz verde. Entretanto, na seção 3.1, sobre cor física (p. 35), disse-se que a cor amarela era devida a um tipo de onda eletromagnética com determinada frequência. O que ocorre é que há duas maneiras diferentes de seres humanos enxergarem amarelo: por composição das luzes verde e vermelha ou com a onda eletromagnética amarela, que tem uma única frequência (Figura 40). Ambos os processos acionam os cones sensíveis ao verde e ao vermelho da retina, causando a sensação de ‘amarelo’.

Figura 40 - Duas maneiras diferentes de ver 'amarelo'.



Fonte: autor.

O amarelo que é visto em um monitor de computador é do primeiro tipo, ou seja, é uma combinação de luz verde e luz vermelha. Como já foi dito, os monitores que funcionam no sistema RGB só emitem ondas eletromagnéticas nas frequências do azul, do verde e do vermelho. O Sol é uma estrela amarelada. Sua cor deve-se ao fato de as ondas eletromagnéticas emitidas terem predominantemente a frequência da luz amarela. É uma cor do segundo tipo.

3.7 Os Estágios de Berlin-Kay

As línguas mais evoluídas apresentam onze cores: preto, branco, vermelho, verde, amarelo, azul, marrom, laranja, rosa, violeta e cinza (Quadro 7). Como dito em seções anteriores, estudos sobre cores na área da Linguística determinaram uma série de etapas evolutivas que culminaram nos Estágios de Berlin-Kay (Quadro 8). Essas onze cores são os elementos das Matrizes de Repertório deste trabalho.

Quadro 7 - Cores em diferentes línguas modernas.

Línguas Ocidentais Modernas					
Português	Inglês	Espanhol	Italiano	Francês	Alemão
Preto	Black	Negro	Nero	Noir	Schwarz
Branco	White	Blanco	Bianco	Blanc	Weiß
Vermelho	Red	Rojo	Rosso	Rouge	Rot
Amarelo	Yellow	Amarillo	Giallo	Jaune	Gelb
Verde	Green	Verde	Verde	Vert	Grün
Azul	Blue	Azul	Blu	Bleu	Blau
Marrom	Brown	Marrón	Marrone	Marron	Braun
Laranja	Orange	Naranja	Arancione	Orange	Orange
Rosa	Pink	Rosa	Rosa	Rose	Pink
Violeta	Violet/Purple	Violeta	Viola	Violette	Violett
Cinza	Gray	Gris	Grigio	Gris	Farbe

Fonte: autor.

Quadro 8 – Estágios de Berlin e Kay em sequência cronológica progressiva de surgimento.

Estágio	Cores	Número de cores
I	Preto e branco.	2
II	Preto, branco e vermelho.	3
III	Preto, branco, vermelho e verde. Preto, branco, vermelho e amarelo.	4
IV	Preto, branco, vermelho, verde e amarelo.	5
V	Preto, branco, vermelho, verde, amarelo e azul.	6
VI	Preto, branco, vermelho, verde, amarelo, azul e marrom.	7
VII	Preto, branco, vermelho, verde, amarelo, azul e marrom, com acréscimo de laranja, rosa, violeta e cinza.	8 ou mais

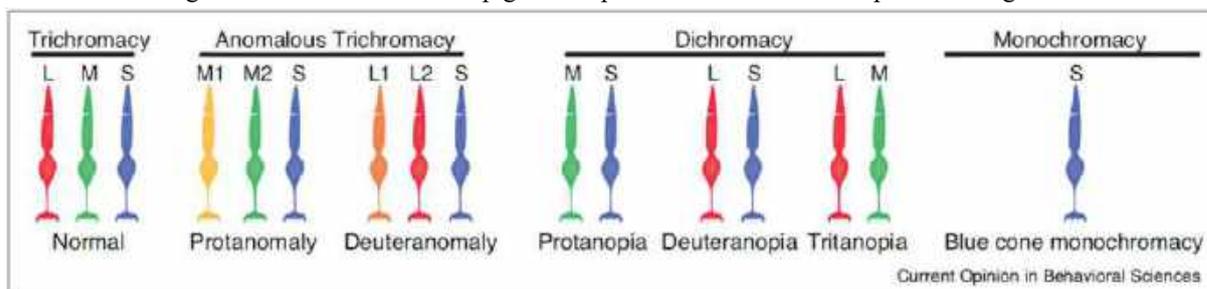
Fonte: Berlin e Kay (1969) *apud* Ribeiro e Cândido (2008, p. 156-7).

3.8 Genética, diferenças entre os sexos biológicos e o tetracromatismo

Poder-se-ia inserir esta seção na discussão sobre a Biologia da Visão (Seção 3.3), porém – pelo fato de o tetracromatismo humano ter saído apenas recentemente do campo especulativo para o experimental – achou-se conveniente colocá-la como um adendo no final deste capítulo.

Para biólogos, mais especificamente geneticistas, como Neitz e Neitz (2000), causa menos confusão se se substituir os termos para os cones “vermelho”, “verde” e “azul” por cones sensíveis a comprimentos de onda “longos” (LWS; L = *long*, longo em inglês), “médios” (MWS; M = *medium*, médio em inglês) e “curtos” (SWS; S = *short*, curto em inglês), respectivamente. De fato, o uso desses termos é comum nos artigos científicos sobre cores escritos por pesquisadores dessa área. Neste trabalho – em parte por não se tratar de uma pesquisa na área de Genética –, preserva-se o uso da terminologia mais clássica.

Figura 41 - Diferentes canais/pigmentos para visão de cores em espécies biológicas.



A respeito da visão de cores em animais não humanos, Marshall e Arikawa (2014) e Vorobyev (2004) afirmam que muitas espécies são dicromatas – ou seja, enxergam cores usando apenas dois pigmentos diferentes –, tais como cavalos, cães e alguns primatas, e que outras espécies chegam a ter doze pigmentos diferentes em seus olhos, podendo vir a ser, portanto, dodecacromatas. Fazem-se essas afirmações pelo número de pigmentos responsáveis pela sensibilidade a cores na retina dos olhos dessas espécies biológicas não humanas. Entretanto, há incerteza quanto ao real funcionamento da visão delas porque, a partir dos impulsos nervosos, é possível que o cérebro atue de modo a misturar os sinais de canais diferentes em um só, por exemplo.

Dentro do tema da visão de cores em primatas, Bonci et al. (2013) e Jacobs (1996) informam que espécies do Velho Mundo²⁶ (*Old World*, em inglês), em geral, são tricromatas e

²⁶ *Catarrhini*, dos continentes asiático, africano e europeu (OSORIO et al., 2004).

que as do Novo Mundo²⁷ (*New World*, em inglês) são majoritariamente dicromatas. Incluir-se a espécie humana no conjunto dos primatas do Velho Mundo. Paralelos entre o que ocorre com primatas do Novo Mundo e o que ocorre fisiologicamente com humanos, conduziram à hipótese – de acordo com Jamerson (2007), desde a década de 1940 – do tetracromatismo no *homo sapiens*.

Segundo Abramov et al. (2012), nos humanos, dois dos três tipos de cones fotorreceptores são geneticamente codificados nos cromossomos X: os LWSs (azuis) e os MWSs (verdes). O sexo masculino biológico apresenta apenas um cromossomo X, pois é determinado pelo par XY. O sexo feminino biológico apresenta dois desses cromossomos, pois é determinado pelo par XX.

Esse fato e os estudos com outras espécies, de acordo com Jamerson (2007), levou vários cientistas a especularem sobre a possibilidade de existirem indivíduos do sexo feminino biológico com quatro fotopigmentos, ou seja, tetracromatas. Alguns exemplos de pesquisadores que levantaram essa hipótese: Jamerson (2020), Puthran, Prashant e Satija (2018) e Jordan e Mollon (1993). De fato, segundo Robson (2014), a artista plástica e professora de artes Concetta Antico seria uma dessas mulheres (Figura 42).

Figura 42 – Pintura de Concetta Antico e a cena original.



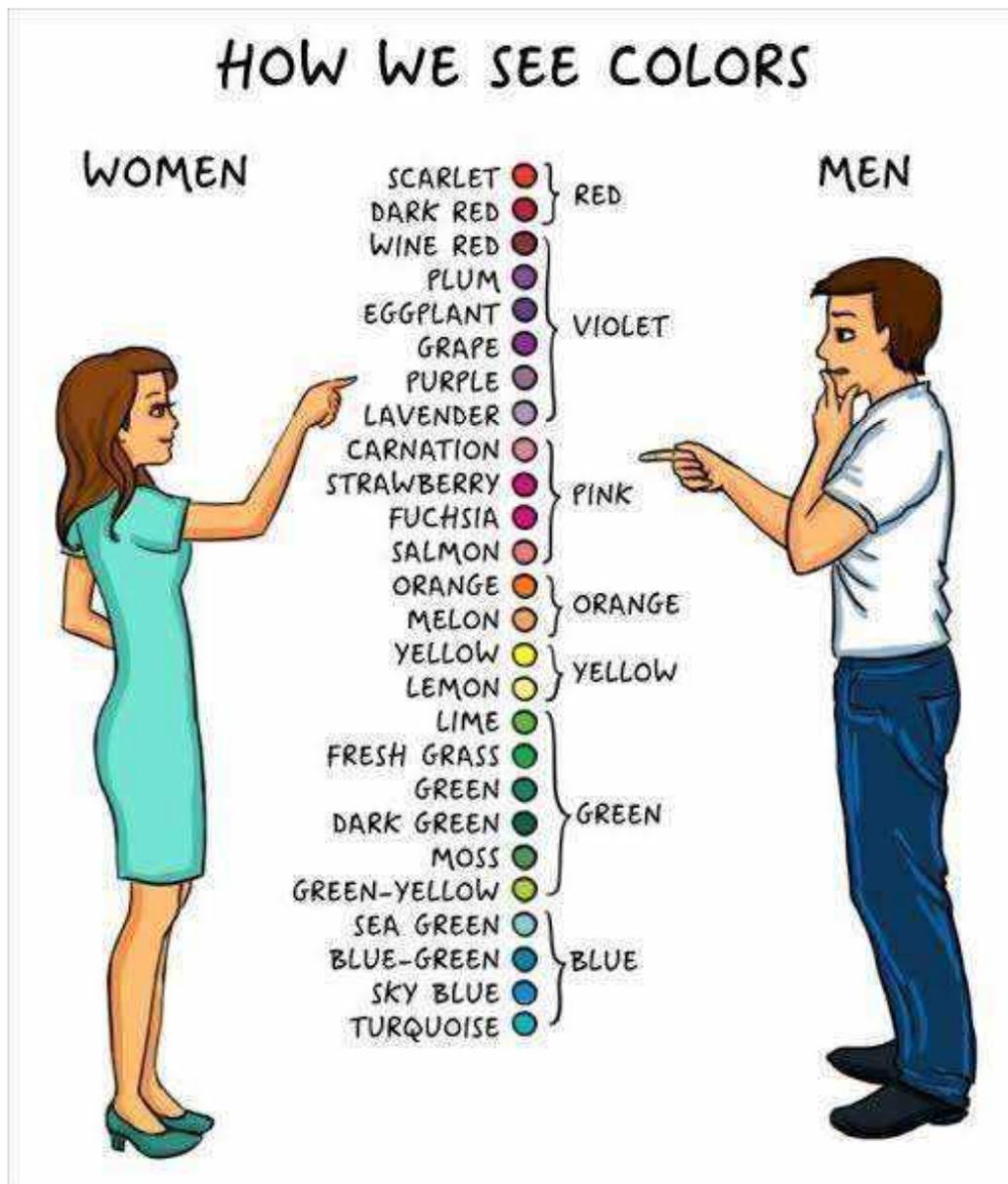
Fonte: Concetta Antico (2020); BBC (2014).

Abramov et al. (2012) concluíram que, biologicamente falando, há diferenças entre a percepção média de cores entre homens e mulheres. MacDonald, Mylonas e Paramei (2014)

²⁷ *Platyrrhini*, do continente americano (OSORIO et al., 2004).

descobriram que as mulheres usam nomes mais complexos e elaborados para cores do que homens. O tetracromatismo seria a explicação para certas discussões entre os gêneros biológicos a respeito de cores e para o fato de mulheres, em média, distinguirem mais cores do que homens. Esse tipo de situação produz algumas brincadeiras tais como as mostradas na Figura 43.

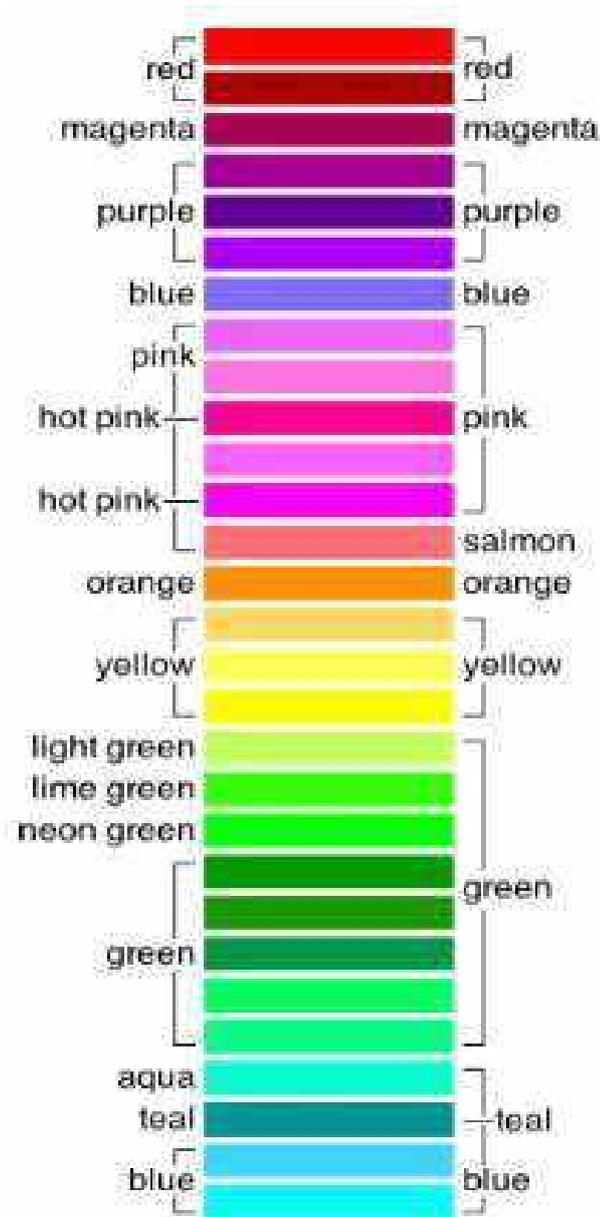
Figura 43 - Como mulheres (esquerda) e homens (direita) nomeiam as cores.



Fonte: Brightside.me (2020).

De uma maneira mais séria, Munroe (2020) indica um esquema mais próximo dos resultados encontrados em pesquisas atuais (Figura 44).

Figura 44 - Diferenças entre gêneros na nomeação de cores.



Fonte: Munroe (2020).

Em seções precedentes desse capítulo, nota-se que a composição de cores se baseia no tricromatismo da visão de cores humana. Nota-se que a possibilidade de tetracromatismo humano modifica boa parte das discussões científicas a respeito de cor. Por esse motivo alongou-se esta seção: para indicar que ainda há muito mais a ser descoberto sobre cores.

No próximo capítulo, detalham-se aspectos da TCP.

4 A TEORIA DOS CONSTRUCTOS PESSOAIS

E Deus disse: Exista a luz. E a luz existiu.
(Bíblia Sagrada, tradução da Vulgata pelo Padre Matos Soares)

Figura 45 - Luz do Sul, de Vincent Van Gogh, 1888.



Fonte: Fondation Vincent van Gogh Arles.

Há muito tempo a luz é sinônimo da razão e da compreensão. Termos tais como ‘iluminar’, ‘trazer luz a’ e ‘esclarecer’ portam essa ideia. A pintura e o texto do início deste capítulo referem-se à luz exatamente por esse motivo. Uma teoria “dá luz ao mundo” significando que traz alguma compreensão a ele.

Este capítulo destina-se ao esclarecimento de alguns pontos importantes da teoria que fundamenta a presente pesquisa, principalmente seus três aspectos mais importantes para este trabalho: a metáfora do homem-cientista, o Corolário da Fragmentação e as MRs.

Na seção 4.1, apresenta-se uma biografia de George Kelly, o criador da TCP e trata-se da filosofia que alicerça a TCP, caracteriza-se o tipo de psicologia com que Kelly trabalhava e argumenta-se para defender a inserção dessa teoria na categoria cognitivista, com influências humanistas, na área de educação. Na seção 4.2, fala-se sobre a metáfora do homem-cientista, sobre o Ciclo da Experiência de Kelly (CEK) e introduzem-se os pressupostos teóricos. Na seção 4.3, discutem-se o postulado fundamental e os onze corolários da TCP. Na seção 4.4, explana-se sobre o conceito de constructo pessoal. E, finalmente, na seção 4.5, versa-se sobre as Matrizes de Repertório (MRs).

4.1 Um pouco da filosofia e da história da Teoria dos Constructos Pessoais

Uma teoria pode ser mais bem compreendida quando se conhece a biografia de seu criador. Neste trabalho, os detalhes históricos importantes para a argumentação e o entendimento teóricos são diluídos nas seções e surgem na leitura na medida em que são necessários. Citam-se alguns detalhes sobre a vida de Kelly para defender que a TCP é uma teoria cognitivista com influências humanistas, distante do comportamentalismo vigente na época de sua criação. Para uma visão mais completa da biografia de George Kelly (Figura 46) recomenda-se consultar Chiari (2017); Hall, Lindzey e Campbell (2000); Fransella e Neimeyer (2003); Cloninger (2003); Pervin e John (2008); Boeree (2006) e Turuda (2009). Este último apresenta uma compilação das informações dos primeiros.

Figura 46 - Fotografia de George Alexander Kelly.



Fonte: Portal PCP (2010).

Kelly (1955, p. 3, trad. livre) iniciou o texto de sua obra basilar defendendo duas ideias principais e expressando sua perspectiva do ser humano:

primeira, que o homem poderia ser melhor entendido se fosse visto na perspectiva dos séculos, e, não, na luz bruxuleante de momentos passageiros; e segunda, que cada indivíduo contempla à sua maneira o fluxo de eventos no qual ele se vê tão rapidamente carregado.

Ele tinha uma posição filosófica bastante particular. Denominou-a de ‘alternativismo construtivo’. Nas próprias palavras de Kelly (1955, p. 15, trad. livre): “nós supomos que todas as nossas interpretações atuais do universo estão sujeitas à revisão e à substituição”. Segundo

essa posição, não há apenas uma maneira de interpretar a realidade. Sempre há uma escolha que pode ser feita para interpretar os acontecimentos. Gargallo e Cánovas (1998) afirmam que Kelly tentou conciliar o empirismo e a lógica pragmática da tradição norte-americana e o racionalismo e idealismo da tradição europeia. Este trecho de Kelly (1955, p. 17, trad. livre) corrobora com essa afirmação:

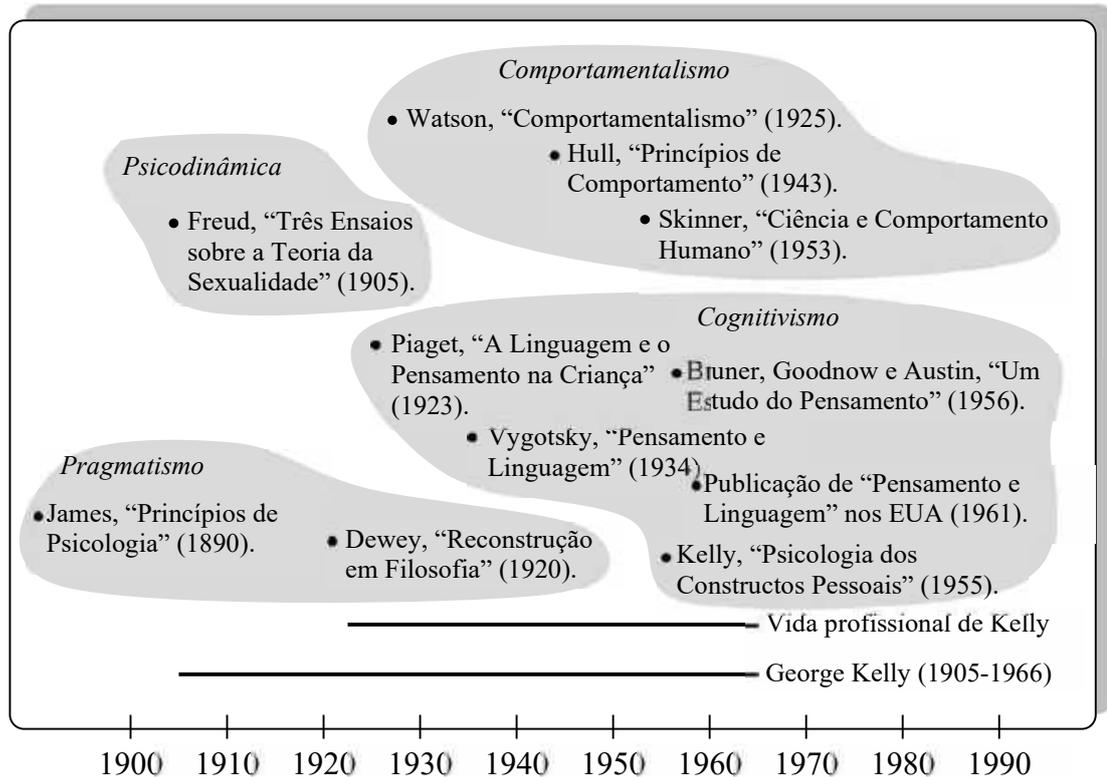
Nossa ênfase no teste de constructos implica nossa confiança nos princípios do empirismo e, mais particularmente, na lógica pragmática. Nesse aspecto, estamos na tradição da psicologia americana atual. Mas, porque reconhecemos que o homem aborda seu mundo através da interpretação, somos, em certa medida, racionalistas. Além disso, uma vez que insistimos que o homem pode erigir suas próprias abordagens alternativas à realidade, estamos fora de sintonia com o realismo tradicional, que insiste em que ele é sempre vítima de suas circunstâncias.

Kelly (1955) afirma que a questão do livre-arbítrio e do determinismo é resolvida na TCP do seguinte modo: o homem é livre para escolher a interpretação e a construção que faz dos eventos, mas fica parcialmente preso às construções que faz. Ou seja, pessoas são livres e determinadas. Livres porque podem escolher uma alternativa interpretativa dos eventos e determinadas porque, dentro das infinitas opções, elas escolhem uma que seu sistema de construção alcança.

Na época em que foi desenvolvida (Figura 47), a TCP era bem distinta das principais teorias psicológicas vigentes nos Estados Unidos da América (EUA): a psicodinâmica e o comportamentalismo. Segundo Cloninger (2003), isso se deve, em parte, ao fato de Kelly ter se doutorado em Psicologia em apenas nove meses, criando poucos vínculos com as demais teorias psicológicas. Ela também afirmou que a primeira impressão de Kelly a respeito da psicanálise freudiana não foi positiva. De acordo com Cloninger (2003, p. 422), Kelly achava que a Psicanálise tinha “significados elásticos e a sintaxe arbitrária”.

Relatos históricos de Hall; Lindzey e Campbell (2000); Cloninger (2003); Fransella e Neimeyer (2003) e Boeree (2006) fazem pensar que Kelly tinha muita aproximação com os humanistas da Psicologia dos EUA, tais como Carl Rogers (1902-1987) e Abraham Maslow (1908-1970). Kelly foi um dos primeiros membros da organização que originou a Associação de Psicologia Humanista, substituiu Rogers no cargo de diretor do programa de formação clínica da Universidade Estadual de Ohio e foi trabalhar na Universidade Brandeis a convite de Maslow.

Figura 47 - Contexto histórico-científico em que viveu George Kelly.



Fonte: autor, adaptado e modificado de Shaw, Gaines (1992, p. 23, tradução livre) com informações adicionais de Larousse (1998).

Na área da educação, Moreira (1999) agrupou a TCP e as teorias de Piaget (1896-1980) e de Vygotsky (1896-1934) dentro do cognitivismo. Ele considerou o comportamentalismo e o humanismo como os outros dois grupos possíveis. Nessa classificação, as teorias de Bruner (1915-2016), Johnson-Laird (1936-) e Ausubel (1918-2008) também estão no cognitivismo. Embora a teoria de Kelly não seja propriamente uma teoria da aprendizagem, isso não impede que seja estudada nessa área. Deve-se recordar que a teoria piagetiana, do francês Jean Piaget, também não é uma teoria da aprendizagem – é uma teoria do desenvolvimento – e, mesmo assim, tem repercutido nos estudos de aprendizagem e de ensino. Além disso, Kelly era bacharel em educação e foi psicólogo escolar por muitos anos, de acordo com Fransella e Neimeyer (2003), Cloninger (2003) e Boeree (2006). Isso sugere que criou a TCP não tão distante da área de educação e de aprendizagem. De fato, Kelly escreveu a respeito de educação, *e.g.*, Kelly (1958).

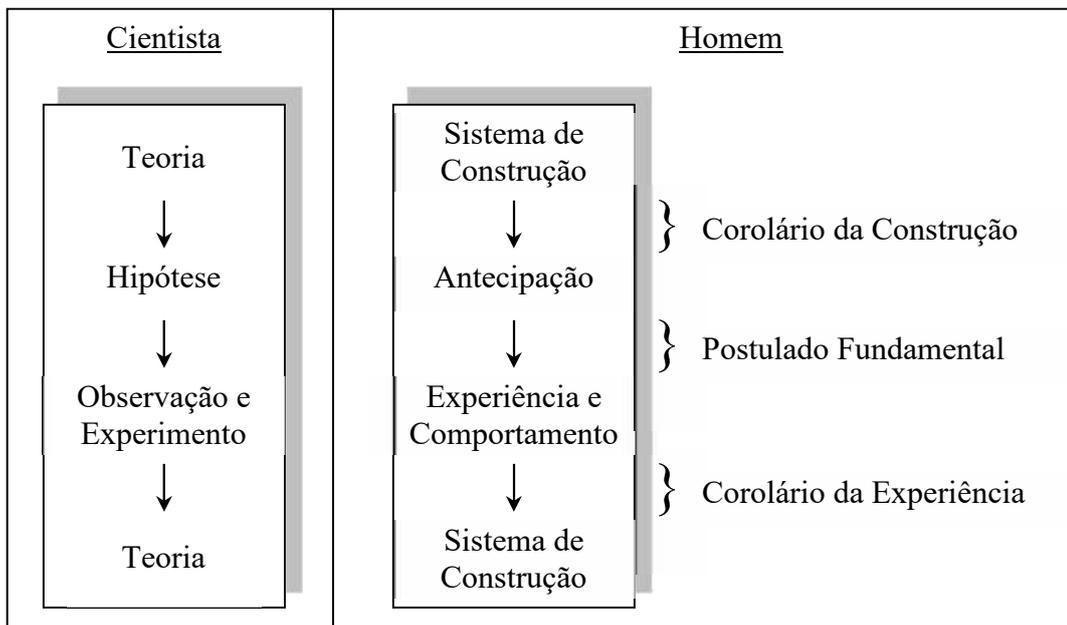
Kelly conhecia pelo menos parte do trabalho de Vygotsky, criador da teoria sociointeracionista bastante estudada na educação brasileira, na atualidade. Kelly (1955) cita os ‘blocos de Vygotsky’ duas vezes em sua obra principal. Na obra posterior, onde Kelly (1963) apresenta apenas os três primeiros capítulos da edição de 1955, o livro “Pensamento e linguagem”, de Vygotsky, aparece na bibliografia. Kelly esteve em Moscou, Rússia, a convite

de Luria, colaborador de Vygotsky, para falar sobre a TCP, de acordo com Shaw e Gaines (1992). Um texto de Kelly (1961) confirma isso. Nessa época, Vygotsky já havia falecido, impedindo o encontro pessoal entre ele e Kelly para um possível compartilhamento científico.

4.2 A metáfora do homem-cientista e o ciclo da experiência kellyano

Cloninger (2003) e Boeree (2006) relatam que George Kelly orientava estudantes de mestrado na universidade onde trabalhava e, simultaneamente, atendia seus clientes no consultório. Foi quando ele refletiu que ambos, estudantes e clientes, realizavam atividades cognitivas similares. Para a TCP, o homem comum tem um funcionamento cognitivo análogo ao de um cientista (Figura 48).

Figura 48 - Metáfora do homem-cientista e onde atuam alguns dos pressupostos teóricos.



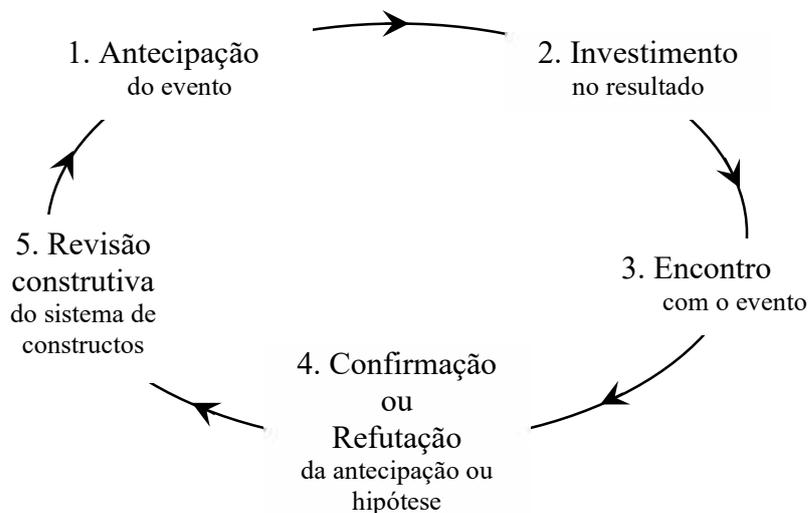
Fonte: autor, adaptado de Boeree (2006, p. 5, tradução livre).

Baseado em certa teoria, o cientista elabora hipóteses e as testa. Após observação dos resultados de seus experimentos, ele retorna à teoria e a abandona, substituindo-a por outra, ou a aprimora. A hipótese kellyana é que o homem comum faz algo parecido. Ele cria uma representação da realidade, o sistema de construção, que utiliza para antecipar eventos futuros. O termo ‘eventos’ na TCP refere-se a pessoas, coisas ou situações. Quando há o encontro do

sujeito com os eventos, as antecipações podem ser refutadas ou confirmadas. Se houver refutação, o sistema de construção pode ser revisto.

Esse processo de antecipar os eventos, encontrar com eles, avaliar e revisar o sistema de construção é denominado de CEK e foi sistematizado graficamente como mostrado na Figura 49 pela primeira vez, ao que parece, por Neimeyer *apud* Neimeyer (1987). Estruturaram-se várias pesquisas em Ensino de Ciências de acordo com o CEK como foi constatado em pesquisa bibliográfica realizada por Turuda (2009).

Figura 49 - Etapas do Ciclo da Experiência de Kelly (CEK).



Fonte: autor, adaptado de Neimeyer (1985) *apud* Neimeyer (1987, p. 7, tradução livre).

Cloninger (2003) questionou a validade da metáfora homem-cientista afirmando que o homem comum procura uma confirmação de suas crenças enquanto o cientista procura refutar suas hipóteses. Esse questionamento parece oriundo do falsificacionismo científico. A posição teórica de Fourez (1995) sobre o ‘critério de falseabilidade’ de Karl Popper (1902-1994) serve para limitar o efeito dessa oposição à metáfora do homem-cientista. A ciência e os cientistas trabalham com algumas proposições que não podem ser falseadas, ou seja, que não podem ser provadas como falsas. Portanto, não é verdade que o cientista procure sempre refutar suas hipóteses, como propõe Cloninger (2003), já que há hipóteses científicas que não podem ser falseadas. Chalmers (1993, p. 89) diz que: “as afirmações do falsificacionista são seriamente solapadas pelo fato de que as proposições de observação dependem da teoria e são falíveis”. Em outro momento, Chalmers (1993, p. 93) complementa:

“Todos os cisnes são brancos” é certamente falsificado se uma instância de cisne não-branco puder ser estabelecida. Mas ilustrações simplificadas da lógica de uma falsificação como essa encobrem uma dificuldade séria para o falsificacionismo que

emerge da complexidade de qualquer situação realista de teste. Uma teoria científica realista pode consistir em um complexo de afirmações universais em vez de uma afirmação isolada como “Todos os cisnes são brancos”. Além disso, se uma teoria deve ser experimentalmente testada, então haverá algo mais envolvido além daquelas afirmações que constituem a teoria em teste. A teoria terá que ser aumentada por suposições auxiliares, tais como leis e teorias governando o uso de qualquer instrumento usado, por exemplo [...].

A teoria em teste pode estar errada, mas alternativamente pode ser uma suposição auxiliar ou alguma parte da descrição das condições iniciais que sejam responsáveis pela previsão incorreta. Uma teoria não pode ser conclusivamente falsificada, porque a possibilidade de que alguma parte da complexa situação do teste, que não a teoria em teste, seja responsável por uma previsão errada não pode ser descartada.

A discussão sobre experimentos cruciais realizada por Fourez (1995) também põe em xeque a preocupação de Cloninger. Há certa subjetividade em aceitar um determinado resultado como prova de uma teoria e refutação da anterior. Nas palavras de Fourez (1995, p. 74-75):

Uma experiência – por si – não falseia um modelo, pois não fornece o resultado esperado, pode-se sempre atribuir esse fracasso a perturbações de várias ordens ou a outras hipóteses *ad hoc*. [...] O fracasso do modelo diante da experiência não implica automaticamente a sua rejeição.

Decidir que uma experiência é crucial (cf. Toulmin, 1957) é portanto introduzir um elemento voluntarista. Entende-se por isto que se está decidido, caso a experiência não dê os resultados esperados, a abandonar o modelo que se examinava.

Essa decisão de considerar uma experiência como crucial é essencial ao processo científico, mas não se deve de modo algum a raciocínios científicos no sentido usual ou restrito do termo. De fato, no momento em que um modelo funciona mal, pode-se sempre “salvá-lo”, sob condição de introduzir um certo número de hipóteses adequadas.

Na próxima seção, discutem-se o formalismo da TCP e suas doze formulações básicas: o postulado fundamental e os onze corolários. Os corolários mais importantes para este trabalho são os dos blocos do processo de construção e do sistema de construção.

4.3 Corolários e sistema de constructos

A TCP é constituída de doze formulações que Kelly chamou de ‘postulado fundamental’ e ‘corolários’. O postulado fundamental afirma que “os processos de uma pessoa são psicologicamente canalizados pelas maneiras nas quais ela antecipa eventos”, nas palavras do próprio Kelly (1955, p. 46, tradução livre). Ao nomear essa afirmação de ‘postulado’, Kelly parece ter querido afastar qualquer questionamento a respeito dela. Um postulado é, em Matemática e em Física, uma verdade aceita sem necessidade de demonstração. Vale citar que Kelly era graduado nessas duas ciências, segundo Fransella e Neimeyer (2003) e outros.

A palavra ‘corolário’ significa uma proposição cuja veracidade é demonstrada através de proposições anteriores. Na época em que Kelly escreveu sua obra principal, era comum esse tipo de estruturação teórica, em Psicologia. Nota-se, entretanto, que nem todos os corolários kellyanos são consequências lógicas do postulado fundamental; não são corolários no sentido dado pela Matemática e pela Lógica. Pelo contrário, a maioria dos corolários kellyanos são postulados também, ou seja, verdades aceitas sem demonstração. Uma exceção é o Corolário da Fragmentação, que é demonstrável através do Corolário da Modulação, de acordo com Kelly (1955). O texto que trata disso encontra-se traduzido, do original em inglês para o português, no Apêndice B.

No Quadro 9, apresentam-se os enunciados dos corolários da TCP. Eles foram organizados didaticamente em três blocos por Neimeyer *apud* Cloninger (2003).

Quadro 9 - Corolários da TCP separados por blocos.

Bloco	Corolário	Enunciado
Processo de construção	Construção	“Uma pessoa antecipa eventos construindo suas réplicas”.
	Experiência	“O sistema de construção de uma pessoa varia à medida que ela constrói, sucessivamente, réplicas de eventos”.
	Escolha	“Uma pessoa escolhe para si aquela alternativa, em um constructo dicotomizado, por meio da qual ela antecipa a maior possibilidade de extensão e definição de seu sistema”.
	Modulação	“A variação no sistema de construção de uma pessoa é limitada pela permeabilidade dos constructos dentro da faixa de conveniência em que as variantes se situam”.
Sistema de construção	Dicotomia	“O sistema de construção de uma pessoa é composto por um número finito de constructos dicotômicos”.
	Organização	“Cada pessoa, caracteristicamente, desenvolve, para sua conveniência na antecipação de eventos, um sistema de construção incorporando relações ordinais entre constructos”.
	Fragmentação	“Uma pessoa pode empregar, sucessivamente, uma variedade de subsistemas de construção que são inferencialmente incompatíveis entre si”.
	Faixa	“Um constructo é conveniente somente para a antecipação de uma faixa finita de eventos”.
Contexto social	Individualidade	“Pessoas diferem uma da outra em sua construção de eventos.
	Comunalidade	“Na medida em que uma pessoa emprega uma construção da experiência que é similar àquela empregada por outra, seus processos psicológicos são similares aos da outra pessoa”.
	Socialidade	“Na medida em que uma pessoa constrói os processos de construção de outra, ela pode ter um papel em um processo social envolvendo a outra pessoa”.

Fonte: Kelly (1955, p. 103-4, tradução livre).

Segundo Pervin e John (2008), embora Kelly possa parecer dogmático quando assumiu o postulado fundamental e os onze corolários como verdades, ele odiava o dogmatismo na Psicologia. Kelly elaborou sua teoria mais no sentido de fazer uma hipótese e verificar até onde isso poderia conduzir. Nas palavras de Pervin e John (2008, p. 310): “Uma hipótese não deve

ser colocada como um fato, mas deve permitir que o cientista busque suas implicações *como se* ela fosse verdadeira”. Refletindo-se sobre essa afirmação, pode-se pensar que Kelly era bastante consciente de que ele próprio tinha um sistema de constructos e que ele mesmo elaborava antecipações e as testava, confrontando-as com os eventos.

Nas próximas três subseções, os corolários de cada um dos blocos do Quadro 9 são comentados tendo como critério a importância para este trabalho. Recomenda-se veementemente consultar a obra original de Kelly (1955; 1963) ou, pelo menos, a discussão dela feita por Bannister e Fransella (1971), para obter maiores detalhes teóricos sobre o postulado fundamental e os corolários da TCP.

4.3.1 Corolários do processo de construção

Nesta subseção, comentam-se os quatro corolários kellyanos em que o processo de construção é tratado: ‘construção’, ‘experiência’, ‘escolha’ e ‘modulação’. No Corolário da Construção afirma-se que o homem cria uma representação da realidade com o objetivo de prever eventos. No Corolário da Experiência indica-se que essa representação é mutável e que se ajusta com os sucessivos encontros com novos eventos. A menor unidade de construção para representar a realidade é chamada de ‘constructo’ e é estudada mais detalhadamente na seção 4.4. Os constructos são dicotômicos e sempre apresentam dois polos: o da semelhança e o do contraste. No Corolário da Escolha explica-se como e porque as pessoas escolhem em que polo de um constructo encaixam um determinado evento. No Corolário da Modulação, propõe-se que um constructo pode ser mais permeável ou não. Ou seja, afirma-se que um constructo pode ter maior facilidade ou dificuldade para aceitar novos elementos.

4.3.2 Corolários do sistema de construção

Nesta subseção, fala-se sobre os corolários em que se definem o sistema de construção: ‘dicotomia’, ‘organização’, ‘fragmentação’ e ‘faixa’. No Corolário da Dicotomia, garante-se que o sistema de construção é composto por uma quantidade finita de constructos dicotômicos. Esses constructos estão organizados hierarquicamente segundo critérios pessoais, idiossincráticos. No Corolário da Fragmentação, um dos objetos principais desse estudo, afirma-se que uma pessoa pode usar, em momentos distintos e sucessivos, subsistemas de

constructos incompatíveis entre si. A questão da ‘consistência ↔ inconsistência’ foi discutida por Kelly e pode ser analisada melhor através de seu texto traduzido no Anexo B. No Corolário da Faixa afirma-se que cada constructo tem um campo de atuação (âmbito de conveniência) de forma que só pode ser usado para um conjunto de eventos. Por exemplo, o constructo ‘sadio ↔ doente’ pode ser aplicado a pessoas, animais e árvores, mas não faz tanto sentido para pedras. Apesar disso, algum esotérico pode achar que faz todo sentido chamar uma pedra de sadia e outra de doente. Por isso que os constructos têm caráter pessoal, que é a afirmação do Corolário da Individualidade da próxima seção.

4.3.3 Corolários do contexto social

Nesta subseção, comentam-se os corolários do contexto social: ‘individualidade’, ‘socialidade’ e ‘comunalidade’. Com exceção do primeiro corolário desse bloco, esse conjunto é o que apresenta menor interesse para este trabalho. No Corolário da Individualidade confirma-se o fato dos constructos serem pessoais. No Corolário da Comunalidade diz-se que a semelhança nos processos cognitivos de dois indivíduos está na construção que fazem e, não, nos fatos que os indivíduos vivenciam. O Corolário da Socialidade implica necessidade de uma pessoa reconstruir o sistema de construção de outra para alcançar uma melhor compreensão desta. Esse último corolário tem bastante a ver com o trabalho do psicólogo que utiliza a TCP em Psicoterapia. Para compreender melhor seu paciente, o psicoterapeuta precisa reconstruir os processos de construção do seu paciente.

Na próxima seção, trata-se dos constructos pessoais. Faz-se a diferenciação entre ‘constructo’ e ‘conceito’; explica-se o que são o ‘âmbito de conveniência’ e o ‘foco de conveniência’ de um constructo e apresenta-se uma classificação dos constructos inspirada nas dimensões criadas pelo próprio Kelly (1955), que foi usada como base para uma categorização deles na análise dos resultados desta pesquisa.

4.4 Constructos pessoais

Constructos não são conceitos, como esclareceu o próprio Kelly (1955). Uma diferença importante é que constructos são dicotômicos e apresentam sempre dois polos, o que não ocorre com os conceitos. Por outro lado, conceitos, principalmente científicos, não são pessoais; pelo

contrário, têm um caráter universal e amplo. Alguns exemplos de constructos: ‘magro ↔ gordo’, ‘quente ↔ frio’, ‘conservativo ↔ dissipativo’ *etc.* Apesar de serem diferentes, constructos pessoais e conceitos podem estar associados e a pessoalidade dos constructos talvez deva se aproximar da universalidade dos conceitos em Ensino de Ciências e Matemática.

Como foi dito nas seções e subseções anteriores, Kelly acreditava que o ser humano faz construções bem particulares a que dá significados peculiares. Um constructo ‘rico ↔ pobre’ pode significar algo distinto para pessoas diferentes. É isso que fornece o termo ‘pessoais’ à TCP. As pessoas encaixam eventos dentro de constructos de modo que possam antecipar eventos futuros. Como afirma o postulado fundamental, os processos cognitivos de uma pessoa mobilizam-se para essa tarefa.

Por exemplo, ao conhecer alguém, uma pessoa pode colocá-lo mais próximo do polo ‘tímido’ dentro do constructo ‘tímido ↔ sociável’. Ao fazer isso, criará certa expectativa de comportamentos e de ações por parte do outro. Dependendo do que observar posteriormente, a pessoa pode confirmar ou refutar essas expectativas, dentro do CEK. O sistema de construção é continuamente modificado nesse movimento cíclico.

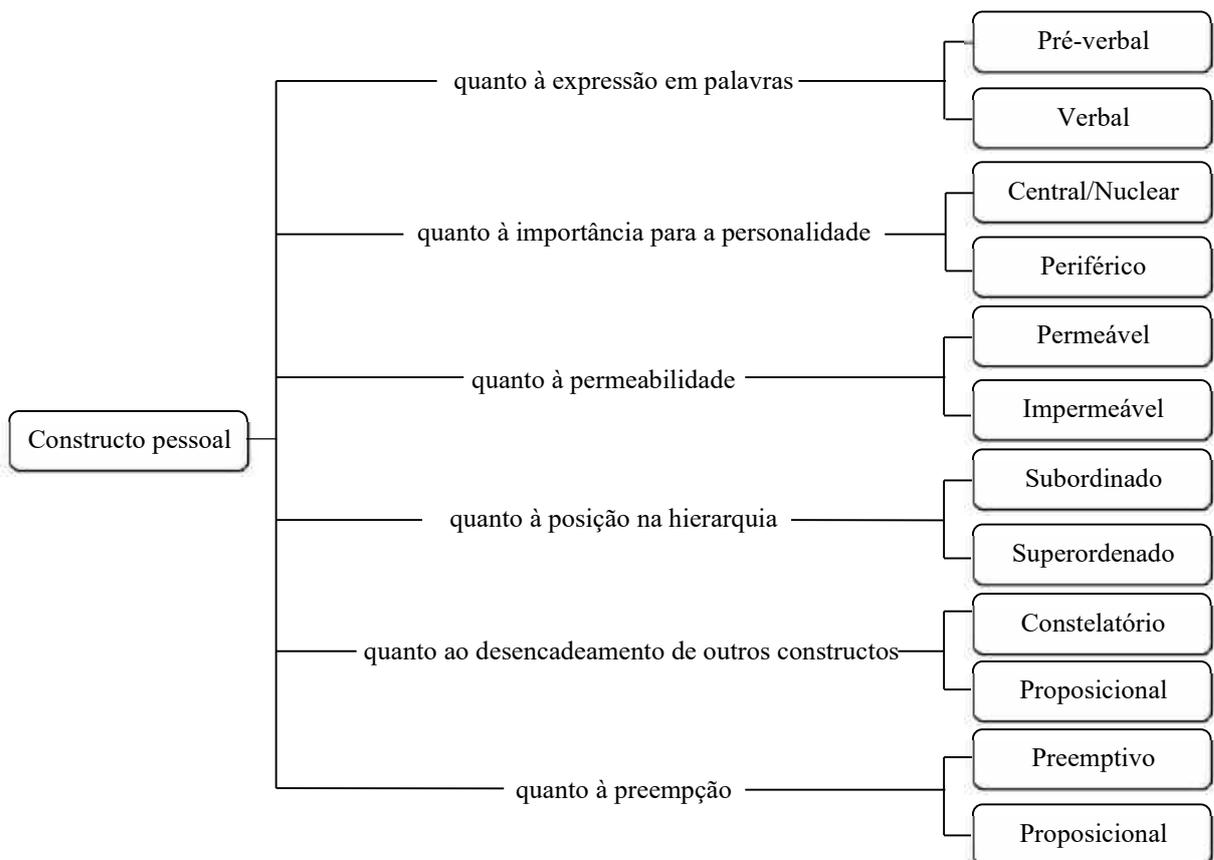
Todo constructo tem um ‘âmbito de conveniência’. Ele pode ser pensado como o conjunto de eventos nos quais o constructo pode ser aplicado e tem a ver com o Corolário da Faixa. Esse âmbito de conveniência pode ser modificado por revisões no sistema de constructos. A ampliação do âmbito de conveniência de certos constructos relacionados a sensações pode explicar o fenômeno linguístico da ‘sinestesia’. Por exemplo, quando se diz que a voz de alguém é doce, o âmbito de conveniência do constructo ‘doce ↔ amargo’ referente ao paladar foi ampliado para que pudesse ser aplicado a uma sensação auditiva, a voz. Todo constructo tem um ‘foco de conveniência’. O foco de conveniência de um constructo é o subconjunto do âmbito de conveniência onde a aplicação do constructo é mais eficaz e relevante. No exemplo dado, comidas estão no foco de conveniência de ‘doce ↔ amargo’. As vozes não estão.

Constructos podem ser classificados de diferentes formas, dependendo do critério empregado (Figura 50): quanto à expressão através de palavras, quanto à posição na hierarquia, quanto à importância para a identidade da pessoa, quanto à permeabilidade *etc.* Nota-se que a própria classificação de constructos faz uso de constructos. Os critérios e os tipos de constructos classificatórios discutidos neste trabalho são do próprio Kelly (1955). Acrescentaram-se os tipos ‘não constelatório’, ‘não proposicional’ e ‘não preemptivo’ no esquema da Figura 50 para que a tipologia ficasse completa e interpretando esses polos como polos implícitos.

Segundo Kelly (1955), os constructos pré-verbais pertencem ao domínio do sistema de constructos fisiológicos. Psicólogos como Cloninger (2003) e Pervin e John (2008) afirmam que Kelly usou a ideia de constructos pré-verbais no lugar da ideia de inconsciente da teoria freudiana. Apenas constructos verbais são estudados neste trabalho.

Quanto à permeabilidade, constructos podem ser ‘permeáveis’ ou ‘impermeáveis’. São permeáveis se admitem a inserção de novos elementos e, impermeáveis, caso contrário. Constructos impermeáveis também são chamados de ‘concretos’ ou ‘não abstratos’. Para entender esses termos um pouco melhor, pode-se pensar em um objeto concreto qualquer: uma bola, por exemplo. Um constructo associado a ela certamente é ‘bola ↔ não bola’. Nota-se o quanto esse constructo é impermeável a novos elementos. A permeabilidade de um constructo tem a ver com o Corolário da Modulação.

Figura 50 - Classificação dos constructos pessoais, segundo Kelly (1955).



Fonte: autor.

*Acrescentados pelo autor.

Quanto à importância para a identidade de uma pessoa, os constructos podem ser ‘centrais’ ou ‘periféricos’. São centrais (ou nucleares) quando são mais relevantes para a identidade e a existência de uma pessoa e, são periféricos, quando são menos relevantes. A recordação de que a TCP é originalmente uma teoria da personalidade torna a existência desse critério perfeitamente compreensível.

Constructos ainda podem ser ‘preemptivos’, ‘constelatórios’ ou ‘proposicionais’. São preemptivos quando nada mais sobre o evento importa. Por exemplo, o constructo ‘aliado ↔ inimigo’ é preemptivo para um soldado em uma guerra. Para ele não importa outros constructos tais como ‘homem ↔ mulher’ ou ‘simpático ↔ antipático’. Constructos são constelatórios se desencadeiam outros constructos sem informações adicionais. Por exemplo, quando se usa o polo ‘vegetal’ do constructo ‘vegetal ↔ mineral’ para um ser, deduz-se imediatamente que esse se encontra no polo ‘vivo’ de ‘vivo ↔ inanimado’. Por sua vez, um constructo proposicional não conduz a nenhuma consequência para outras instâncias. Por exemplo, identificar a Maria como no polo “alto” do constructo “alto ↔ baixo” pode não desencadear nenhum outro julgamento. Corresponde à proposição “Maria é alta”.

4.5 Matrizes de repertório

As MRs foram desenvolvidas a partir do *Role Construct Repertory Test (Rep Test)* ou *Repertory Grid (Rep Grid)* criado por Kelly, segundo Fernandes (2001) e Fransella, Bell e Bannister (2004). São ferramentas que organizam as informações de uma entrevista estruturada baseada na TCP. Há diferentes tipos de MRs. A forma de se aplicar uma MR e o modo de se registrarem os dados dependem do propósito e do tipo de análise que precisa ser realizada. Fransella, Bell e Bannister (2004) mostram as MR mais usadas na atualidade. O tipo de MR que é descrito adiante é o adotado pelo mestrado em Ensino das Ciências e Matemática da UFRPE.

A Figura 51 mostra os componentes de uma MR: elementos (E_j), constructos (C_i) e valores numéricos (V_{ij}). A palavra ‘elementos’ refere-se a j elementos de um conjunto qualquer. Os valores assumidos por j variam de 1 a n , onde n é um número natural e maior do que 3 e representa o número de elementos do conjunto estudado. Como os constructos têm sempre dois polos, cada constructo (C_i) apresenta o polo da semelhança ($C_i - S$) e o polo da diferença ou polo do contraste ($C_i - C$). Os valores numéricos i variam de 1 a m , onde m é um número natural maior do que zero e representa o número de constructos na MR. Os valores numéricos V_{ij} são

números inteiros que variam de 1 a r , onde r é um número natural ímpar maior do que 2. No padrão de MR usado no mestrado em Ensino de Ciências e de Matemática da UFRPE, esse valor é igual a 5. A quantidade de valores numéricos é o produto entre o número de elementos (n) e o número de constructos (m).

Figura 51 - Componentes de uma matriz de repertório.
Elementos

		Elementos									
		E ₁	E ₂	E ₃	E ₄	E ₅	E ₆	E ₇	E ₈		
Constructos Polo da semelhança	C ₁ - S	V ₁₁	V ₁₂	V ₁₃	V ₁₄	V ₁₅	V ₁₆	V ₁₇	V ₁₈	C ₁ - C	Constructos Polo da diferença
	C ₂ - S	V ₂₁	V ₂₂	V ₂₃	V ₂₄	V ₂₅	V ₂₆	V ₂₇	V ₂₈	C ₂ - C	
	C ₃ - S	V ₃₁	V ₃₂	V ₃₃	V ₃₄	V ₃₅	V ₃₆	V ₃₇	V ₃₈	C ₃ - C	
	C ₄ - S	V ₄₁	V ₄₂	V ₄₃	V ₄₄	V ₄₅	V ₄₆	V ₄₇	V ₄₈	C ₄ - C	
	C ₅ - S	V ₅₁	V ₅₂	V ₅₃	V ₅₄	V ₅₅	V ₅₆	V ₅₇	V ₅₈	C ₅ - C	
		Valores numéricos									

Fonte: autor.

Kelly (1955), Gargallo e Cánovas (1998), Cloninger (2003) e Fransella, Bell e Bannister (2004) relatam em detalhes os procedimentos para preenchimento de diferentes MRs. Na seção 5.5 do capítulo sobre a metodologia, descrevem-se detalhadamente os procedimentos para preenchimento da MR com o formato usado no Mestrado em Ensino das Ciências e Matemática da UFRPE.

No próximo capítulo, trata-se da metodologia deste trabalho.

5 METODOLOGIA

Só se vê bem com o coração, o essencial é invisível aos olhos.
(Antoine de Saint-Exupéry, em O Pequeno Príncipe)

Figura 52 - Caminho Ensolarado, Leonid Afremov, c. 2015.



Fonte: Afremov.com (2020).

Uma metodologia científica é um caminho a ser seguido na pesquisa, é a descrição dos passos e dos algoritmos utilizados para a construção de dados e sua posterior análise. Caminho Ensolarado, de Leonid Afremov representa esse caminho, que é iluminado pela luz das teorias. Muitas vezes, – e é o caso aqui – a metodologia permite enxergar as coisas sob outra perspectiva, graças à luz teórica. A famosa frase de Saint-Exupéry traz essa outra ideia.

Neste capítulo, descrevem-se os procedimentos utilizados para construir os dados desta pesquisa e como se os analisaram. Na seção 5.1, caracteriza-se a pesquisa. Na seção 5.2, caracterizam-se os atores sociais pesquisados e justificam-se os critérios de escolha. Na seção 5.3, faz-se uma descrição geral e sucinta das etapas da metodologia. Na seção 5.4, descreve-se como se construíram os dados sobre cor e explicita-se o sistema de construção científico utilizado na análise. Na seção 5.5, versa-se sobre a Análise por Agrupamento Hierárquico (AAH) e dendrogramas. Na seção 5.6, descrevem-se as etapas da análise do livro didático de Física.

5.1 Caracterização da pesquisa

Esta pesquisa tem caráter quanti-qualitativo, sendo mais fortemente qualitativa do que quantitativa. Caracteriza-se como qualitativa porque preocupa-se mais com os processos do que

com os produtos desses processos e porque valoriza as interpretações. De acordo com Minayo (1994, p. 22), “[...] a abordagem qualitativa aprofunda-se no mundo dos significados das ações e relações humanas, um lado não perceptível e não captável em equações, médias e estatísticas”. Oliveira (2007, p. 37) a complementa: “[...] conceituamos abordagem qualitativa ou pesquisa qualitativa como sendo um processo de reflexão e análise da realidade através da utilização de métodos e técnicas para compreensão detalhada do objeto de estudo em seu contexto histórico e/ou segundo sua estruturação”.

A primeira parte desta pesquisa teve um carácter bibliográfico. De acordo com Oliveira (2007, p. 69), uma pesquisa bibliográfica é “uma modalidade de estudo e análise de documentos de domínio científico tais como livros, enciclopédias, periódicos, ensaios críticos, dicionários e artigos científicos”. O resultado dessa parte da pesquisa estão nos capítulos 2, 3 e 4.

Por outro lado, seu carácter quantitativo está presente nas análises matemáticas realizadas com as matrizes de repertório aplicadas aos atores sociais, na Análise por Agrupamento Hierárquico e nos cálculos de similaridade para a construção dos dendrogramas.

A última parte da pesquisa é do tipo qualitativa e documental. É qualificada como documental porque utiliza um livro didático como fonte primária de análise e de estudo, tendo as características previstas por Oliveira (2007, p. 70) para esse tipo de pesquisa: “[...] entenda o que significam *fontes primárias*, como sendo *dados originais*, a partir dos quais o pesquisador tem uma relação direta com os fatos a serem analisados, ou seja, é ele quem analisa, observa, [...]”.

5.2 Caracterização dos atores sociais

Entrevistaram-se três (3) estudantes que estavam cursando o segundo ano do Ensino Médio na Escola do Recife em 2009. Esse estabelecimento de ensino é vinculado à Faculdade de Administração (FCAP) da Universidade de Pernambuco (UPE). Denominou-se os alunos de A1, A2 e A3, para proteger suas identidades. Os alunos A1 e A2 estudaram juntos na mesma turma desde o sexto ano do Ensino Fundamental. O aluno A3 começou a estudar com A1 e A2 desde o nono ano do mesmo nível escolar.

Escolheram-se alunos do Ensino Médio por eles terem o desenvolvimento cognitivo necessário para responder de modo mais consciente e eficaz às MRs. MRs exigem certo poder de reflexão e maturidade cognitiva. Como a pesquisa teve a pretensão de detectar possíveis fragmentações no sistema de constructos a respeito de cor, desejaram-se alunos com algum

conhecimento científico mínimo sobre esse conceito. Comumente esse assunto é estudado no segundo ano do Ensino Médio, em Física. Alunos do último ano do Ensino Médio (3º ano) poderiam ter sido melhores do que os do segundo ano no que se refere à maturidade, mas a falta de tempo daqueles estudantes devido à sua dedicação aos estudos para os exames vestibulares poderia atrapalhar as investigações.

Os critérios de escolha do estabelecimento de ensino para a realização da pesquisa foram: o apoio aos pesquisadores nas atividades propostas por parte da direção, dos professores e dos estudantes; a localização e a infraestrutura; o fato de os estudantes estarem na mesma escola há anos e o excelente desempenho em avaliações externas – *e. g.* ENEM²⁸. A investigação demandou a disponibilidade de todos os envolvidos, pois algumas das atividades propostas demoraram cerca de uma hora e meia. A permanência dos estudantes no mesmo estabelecimento de ensino garantiu que eles tivessem oportunidade de vivenciar vários eventos juntos por anos. As diferenças encontradas seriam devido às suas peculiaridades. Isso foi importante para a interpretação dos dados. O bom desempenho da escola em exames externos mostrou que a amostra analisada pode ser considerada acima da média. Qualquer sugestão para melhorar ainda mais o desempenho dela serviria, pelo menos em princípio, para todos os demais estabelecimentos.

5.3 Descrição geral da metodologia

Nesta seção, faz-se um resumo da metodologia que é detalhada nas seções seguintes. Dá-se uma visão geral dos procedimentos e das etapas cumpridas na pesquisa. Chamou-se de ‘MR de referência’ a MR construída pelo pesquisador para explicitar a ciência utilizada para a análise. As etapas da metodologia foram:

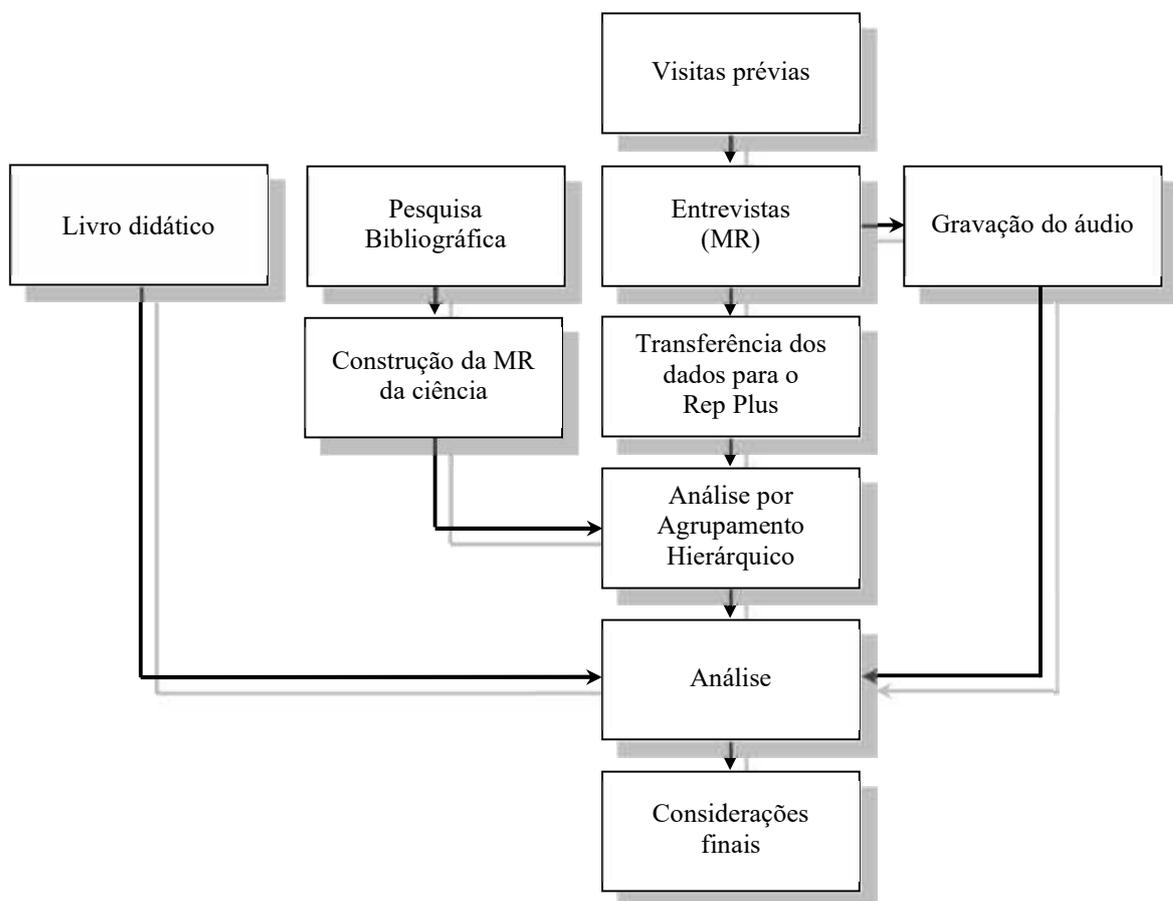
- a) realização de pesquisa bibliográfica a respeito das cores e fenômenos associados a elas;
- b) elaboração da MR de referência sobre o conceito de cor, por parte do pesquisador;
- c) transferência dos dados da MR de referência para o *software* Rep Plus (2010) e construção de dendrograma da AAH para seus elementos e constructos;
- d) escolha dos critérios para análise da fragmentação baseados na análise da MR de referência;

²⁸ Segundo o INEP (2010), faz cinco anos consecutivos, pelo menos, que o estabelecimento está na lista das cinco maiores médias de escolas públicas do estado de Pernambuco no ENEM.

- e) seleção dos atores sociais da pesquisa de acordo com o objetivo geral;
- f) aplicação de entrevistas com os sujeitos da pesquisa para elaboração das MR do estudo;
- g) transferência das MR dos sujeitos para o *software* Rep Plus (2010) e construção de dendrogramas da AAH para seus elementos e constructos;
- h) análise dos dendrogramas obtidos tomando-se como base os critérios escolhidos em função da MR de referência;
- i) classificação dos constructos de acordo com os critérios de Kelly.
- j) análise cruzada entre a MR de referência e as MRs dos atores sociais.
- k) aplicação da Análise de Conteúdo de Bardin (2016) no livro didático utilizado pelos atores sociais no Ensino Médio.

A Figura 53 mostra um fluxograma de ações realizadas durante a pesquisa. No ramo principal há as etapas mais importantes: visitas prévias, entrevistas, transferência dos dados para o Rep Plus, Análise por Agrupamento Hierárquico, análise e considerações finais.

Figura 53 - Fluxograma da metodologia deste trabalho.



Fonte: autor.

No Quadro 10, apresenta-se uma correspondência entre os objetivos específicos e os métodos e os instrumentos utilizados para alcançá-los.

Quadro 10 – Relação entre objetivos específicos e métodos.

Objetivo específico	Métodos	Instrumentos
Construir um sistema de constructos associados ao conceito de cor da Óptica da ciência para ser utilizado como referência para indicar fragmentações nesse tipo de sistema que sejam indesejáveis em Ensino de Física.	Leitura das teorias científicas sobre cores. Análise de Agrupamento Hierárquico.	Matriz de Repertório. <i>Software Rep Plus</i> . Dendrogramas da AAH.
Elucidar o sistema de constructos associados ao conceito de cor da Óptica de atores sociais e detectar possíveis fragmentações existentes nele.	Entrevista. Análise de Agrupamentos Hierárquico.	<i>Software Rep Plus</i> . Dendrogramas da AAH.
Analisar as fragmentações nas explicações sobre cores da Óptica em um livro didático de Física para Ensino Médio.	Análise do Conteúdo de Bardin (2016).	Textos escritos e imagéticos.

Fonte: autor.

A Figura 54 traz o V Epistemológico de Gowin ou Diagrama V elaborado pelo próprio autor deste trabalho. Moreira (2006) e Moreira (1990) guiaram essa construção.

5.4 Construção da MR de referência

Nesta seção, descreve-se a construção da MR de referência da ciência. Ela serviu para determinar quais fragmentações no sistema de constructos dos entrevistados deveriam ser consideradas indesejáveis em Ensino de Ciências. Essa MR explicita que ciência o pesquisador usou quando analisou os dados e que constructos serviram de parâmetro de análise.

5.4.1 Escolha dos elementos

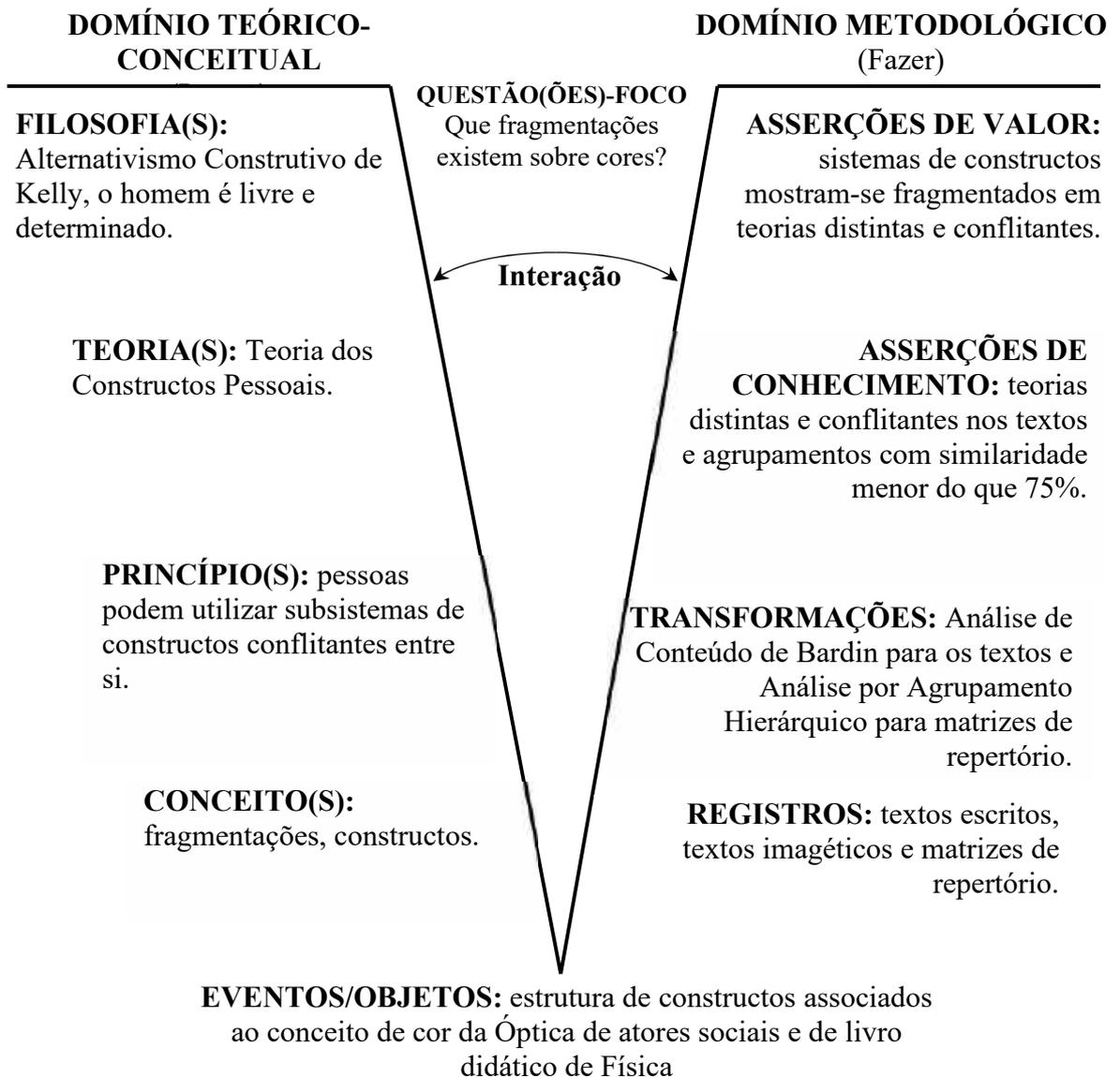
Como o tema da pesquisa foi o conceito de cor, escolheram-se cores para serem elementos da MR. Diante da diversidade de denominações, impôs-se que o nome da cor fosse dado por uma única palavra para evitar termos do tipo ‘verde-grama’, ‘verde-bandeira’, ‘verde-cana’ *etc*. Estudos comparativos de categorias de cor entre diferentes povos e culturas, tais como os realizados por Roberson et al. (2004), utilizaram as onze cores do Quadro 11.

Este trabalho utilizou-as também como referência. Também são as cores dos Estágios de Berlin-Kay (Quadro 7 e Quadro 8).

Figura 54 - Diagrama V desta pesquisa.

O DIAGRAMA V

Fragmentações em Sistemas de Constructos
Kellyanos Associados ao Conceito de Cor da Óptica



Fonte: autor.

Quadro 11 - Cores escolhidas como elementos.

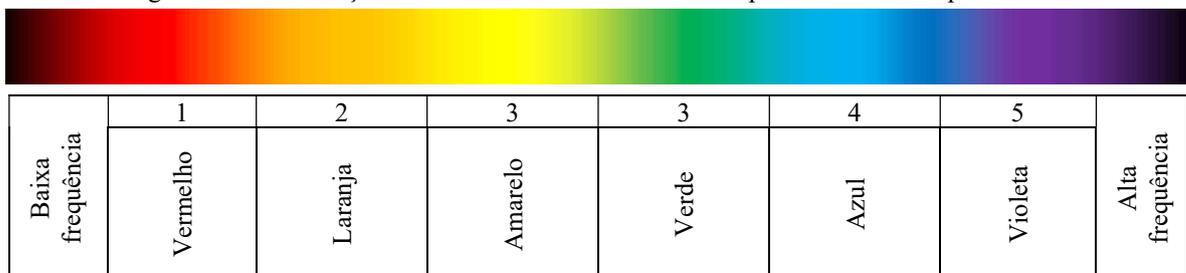
Inglês	Português
<i>Red</i>	Vermelho
<i>Blue</i>	Azul, ciano
<i>Green</i>	Verde
<i>Yellow</i>	Amarelo
<i>Pink</i>	Rosa, magenta
<i>Purple</i>	Violeta, lilás, púrpura, roxo
<i>Orange</i>	Laranja
<i>Brown</i>	Marrom
<i>Black</i>	Preto
<i>White</i>	Branco
<i>Gray</i>	Cinza

Fonte: autor, baseado em Roberson et al. (2004).

5.4.2 Escolha dos constructos da MR de referência

Como a definição física de cor está intimamente associada ao conceito de frequência, um constructo científico considerado importante foi ‘baixa frequência ↔ alta frequência’. Ele deu conta do parâmetro ‘matiz’. Para as cores do espectro eletromagnético, distribuir as cores entre os polos foi fácil, pois a ordem do espectro eletromagnético determinou a ordem das cores dentro do constructo (Figura 55). Porém, para as cores ‘marrom’, ‘rosa’, ‘branco’, ‘cinza’ e ‘preto’ isso não foi possível, pois elas não fazem parte do espectro. Uma solução foi atribuir o valor 3 para todas essas. Como pode ser visto na seção 5.5.1, a AAH exige que o valor intermediário seja dado a um elemento caso este não se encaixe no constructo.

Figura 55 - Distribuição de cores no constructo ‘baixa frequência ↔ alta frequência’.



Fonte: autor.

Utilizou-se o constructo ‘dentro do espectro ↔ fora do espectro’ para fazer a diferença entre aqueles que receberam o valor 3 por estarem no meio do espectro eletromagnético e aqueles que receberam 3 por estarem fora dele. Deu-se o valor 1 para os que estavam no espectro e 5 para os que não estavam. O constructo ‘dentro do espectro ↔ fora do espectro’ é um constructo impermeável. Corresponde ao constructo “cor física ↔ cor não física” já que para os físicos, a cor se deve exclusivamente à luz.

O constructo ‘frio ↔ quente’ da Física coincide com a sequência do espectro eletromagnético com relação à frequência. Frequências mais baixas correspondem à emissão de corpos mais frios e frequências mais altas correspondem à emissão de corpos mais quentes. Por esse motivo, esse constructo não foi adicionado à MR. Por outro lado, o constructo ‘frio ↔ quente’ da Arte segue praticamente o padrão inverso. Adicionou-se-o para acrescentar a contribuição da Arte na MR de referência. O constructo científico ‘pequeno comprimento de onda ↔ grande comprimento de onda’ quase corresponde ao constructo ‘frio ↔ quente’ da Arte.

Para classificar as cores de acordo com o constructo ‘quente ↔ frio’ da Arte, utilizaram-se as informações de Pedrosa (1982) e Guimarães (2000).

Com relação ao cotidiano e para uma contribuição da tecnologia, adicionou-se o constructo ‘primária RGB ↔ não primária RGB’ à MR de referência. Na prática, o constructo ‘presente em monitores ↔ não presente em monitores’ equivale a esse constructo. Representou-se o magenta através da cor rosa (Quadro 12).

Quadro 12 - Constructo 'presente ↔ ausente' em impressoras e em monitores.

Dispositivo ou Sistema	Vermelho	Laranja	Amarelo	Verde	Azul/Ciano	Violeta	Rosa/Magenta	Marrom	Branco	Cinza	Preto
Monitor (RGB)	Sim	Não	Não	Sim	Sim	Não	Não	Não	Não	Não	Não
Impressora (CYMK)	Não	Não	Sim	Não	Sim	Não	Sim	Não	Não	Não	Sim

Fonte: autor.

A classificação quanto à luminosidade só fez sentido para a sequência de cores ‘preto’, ‘cinza’ e ‘branco’. Para elas, deu-se os valores 1, 3 e 5 a esses elementos respectivamente para o constructo ‘baixa luminosidade ↔ alta luminosidade’. Os demais elementos receberam o

valor 3. Da mesma forma, as cores ‘branco’, ‘rosa’ e ‘vermelho’ receberam os valores respectivos 1, 3 e 5 para ‘saturação baixa ↔ saturação alta’. As demais cores receberam o valor 3. Das cores escolhidas como elementos da MR apenas vermelho, rosa e branco apresentam variação de saturação.

Considerou-se ‘frequência baixa ↔ frequência alta’ e o ‘dentro do espectro ↔ fora do espectro’ como os constructos científicos mais importantes. Os constructos tecnológicos foram ‘primária RGB ↔ não primária RGB’ e ‘primária CMYK ↔ não primária CMYK’. Para a Arte, o constructo ‘quente ↔ frio’ foi o relevante.

Mostram-se os constructos utilizados para construir a MR de referência da ciência no Quadro 13.

Quadro 13 - Constructos científicos utilizados no presente trabalho.

Constructos	
Polo da semelhança	Polo do contraste
Fria (Arte)	Quente (Arte)
Frequência baixa	Frequência alta
Dentro do espectro	Fora do espectro
Primária RGB	Não primária RGB
Primária CMYK	Não primária CMYK

Fonte: autor.

5.5 Matrizes de repertório sobre cores

Nesta subseção detalham-se os procedimentos da condução da entrevista para elucidação dos constructos pessoais sobre o conceito de cor e sua organização e o preenchimento das MRs.

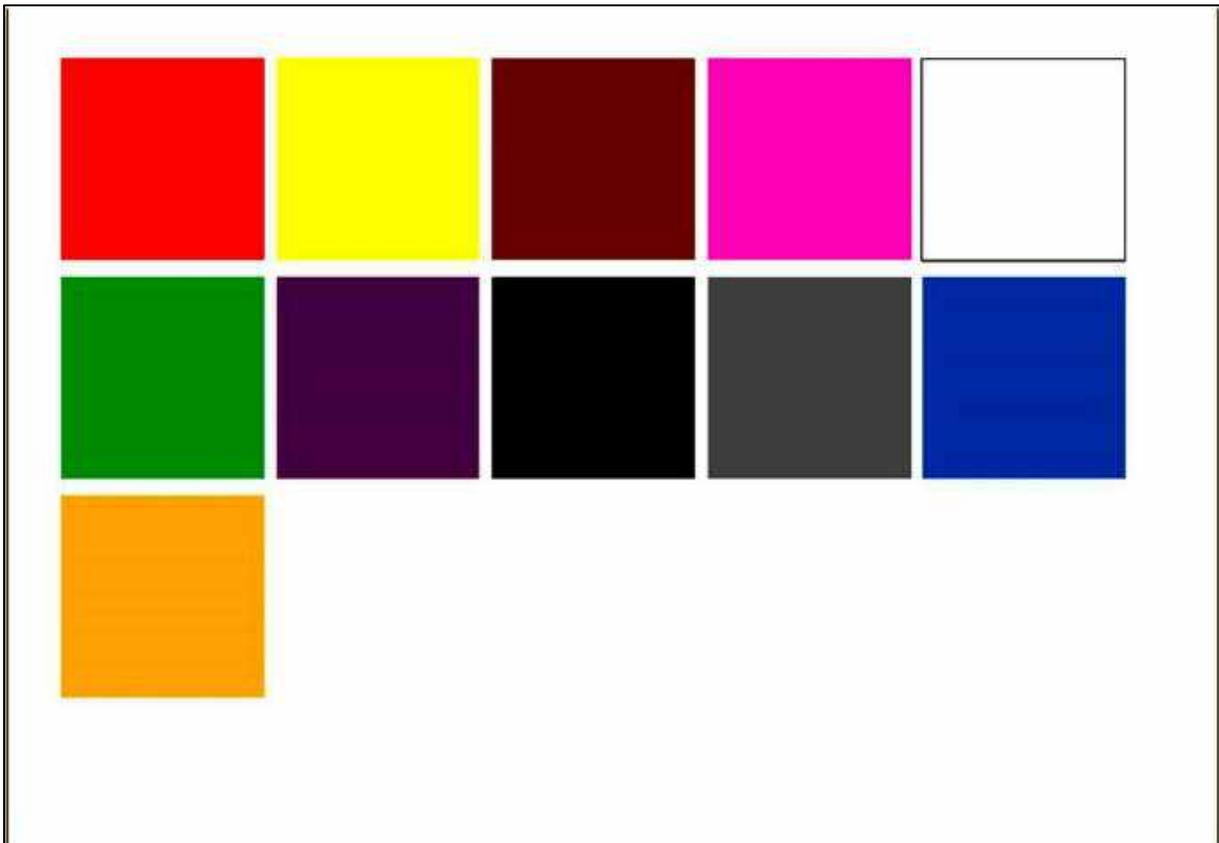
Preparou-se as fichas de cores com os onze elementos dados pelos estágios de Berlin-Kay. Confeccionou-se as fichas utilizando-se o *software* de edição de texto Word®, da Microsoft, usando os códigos de cores RGB dados no Quadro 14. O arquivo de texto foi impresso usando-se uma impressora a jato de tinta em papel branco de qualidade. As fichas foram recortadas e plastificadas para preservação contra umidade e outras intempéries. Os modelos dessas fichas são mostrados na Figura 56 e Figura 57.

Quadro 14 - Cores e seus códigos RGB.

Cor	R	G	B
Vermelho	255	0	0
Verde	0	255	0
Azul	0	0	255
Ciano	0	255	255
Magenta	255	0	255
Amarelo	255	255	0
Preto	0	0	0
Branco	255	255	255
Cinza	128	128	128
Violeta	128	0	128
Marrom	128	0	0

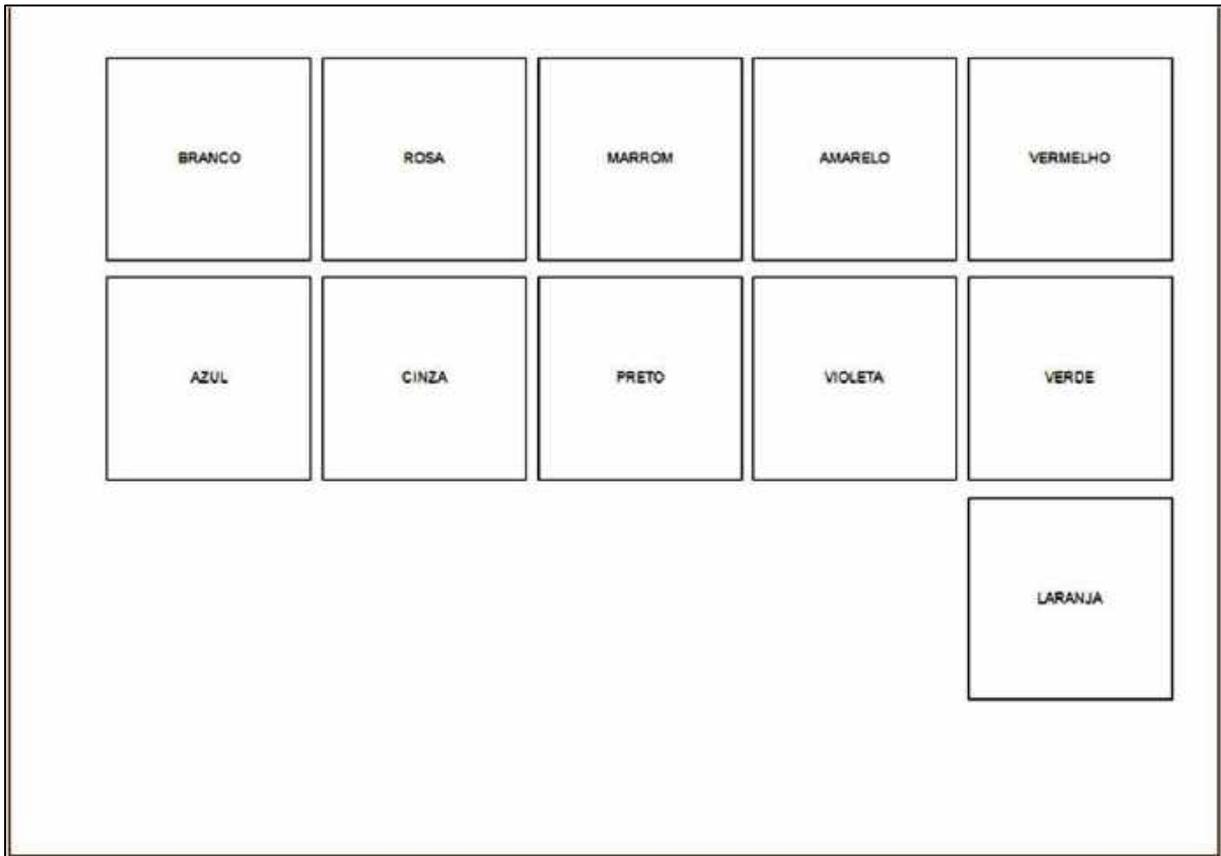
Fonte: autor.

Figura 56 - Fichas de Cores (Frente).



Fonte: autor.

Figura 57 - Fichas de Cores (Verso).



Fonte: autor.

Inicialmente, o entrevistador apresenta sucessivamente cada uma das fichas de cor para que o entrevistado nomeie a cor. A parte colorida estava virada para cima, deixando o nome da cor escondido. Após o processo de nomeação das cores, o entrevistador pergunta para o entrevistado se esse se lembra de alguma outra cor que não foi contemplada nas fichas de cor. Em caso positivo, o entrevistador introduz uma nova ficha com o nome dessa cor. Se o nome dado pelo entrevistado não for o mesmo do verso do cartão colorido, o entrevistador negocia com o entrevistado e pergunta-lhe se ele aceita trocar pelo nome padrão do cartão. Se aceitar, mantém nas fichas o nome padronizado na pesquisa, caso contrário, troca-o pelo nome dado pelo entrevistado.

Escolheram-se as tríades de cores previamente. As tríades selecionadas estão dentro de círculos no formulário (Figura 58). O Quadro 15 apresenta as cores em cada tríade e a ordem em que as tríades são apresentadas, bem como a expectativa do pesquisador baseada nos

constructos científicos. O entrevistador apresenta uma tríade de cores e pede para que o entrevistado agrupe duas delas por semelhança e separe a outra por diferença.

Depois que as duas cores estão agrupadas por semelhança e a outra separada por diferença, pede-se que o entrevistado denomine os dois polos do constructo. A orientação é evitar termos que utilizem a partícula ‘não’. Por exemplo, evitar constructos do tipo ‘quente ↔ não quente’. Ou seja, preferir ‘quente ↔ frio’ a ‘quente ↔ não quente’. Entretanto, como os constructos são pessoais, aceitam-se aqueles casos, desde que não haja opção. Os nomes dos polos são anotados e é dado o valor 1 para as cores semelhantes e o valor 5 para a diferente. Pede-se então que sejam dados os valores para as demais cores: 1 se for semelhante às duas agrupadas, 5 se for mais parecida com a cor diferente das outras duas, 3 caso se ache que fica entre uma e outra ou se não se consegue classificá-la com esse constructo. Os valores 2 e 4 são dados para representar proximidade respectivamente à semelhança e à diferença.

Figura 58 - Formulário da Matriz de Repertório.

		Elementos												
														
Polo de Semelhança (1)		Vermelho	Laranja	Amarelo	Verde	Azul	Violeta	Marrom	Rosa	Branco	Cinza	Preto	Polo de Contraste (5)	
Constructos		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>										
					<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>							
										<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
				<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>						
		<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>								
			<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>	
				<input type="checkbox"/>					<input type="checkbox"/>			<input type="checkbox"/>		
		<input type="checkbox"/>								<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>			
				<input type="checkbox"/>							<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	
					<input type="checkbox"/>						<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	

Fonte: autor.

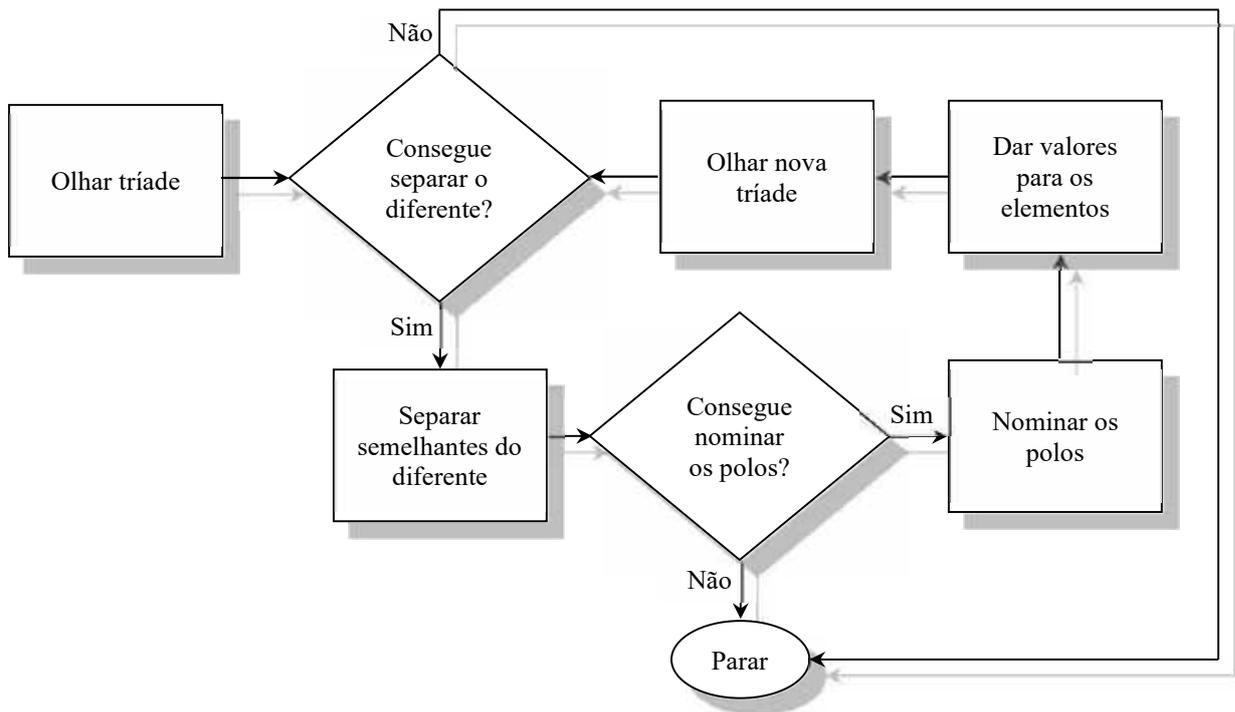
Quadro 15 - Ordem das tríades da entrevista sobre cor.

Ordem	Tríade	Expectativas do pesquisador
1ª	Vermelho, laranja e amarelo.	Uma cor primária RGB (vermelho). Uma cor primária CYMK (amarelo). Duas cores primárias pigmento (vermelho e amarelo). Uma cor secundária pigmento (laranja). Todas são cores quentes. Todas do espectro.
2ª	Verde, azul e violeta.	Duas cores primárias RGB (verde e azul). Uma cor primária CYMK (ciano = azul). Uma cor secundária CYMK (verde). Uma cor primária pigmento (azul). Duas cores secundárias pigmento (verde e violeta). Todas são cores frias. Todas do espectro.
3ª	Branco, cinza e preto.	Uma composta RGB (branco). Uma cor composta CYMK (preto). Uma cor composta do tipo pigmento (preto). Todas fora do espectro.
4ª	Amarelo, violeta e marrom.	Uma cor primária CYMK (amarelo). Uma cor primária pigmento (amarelo). Uma cor secundária pigmento (violeta). Uma cor terciária pigmento (marrom). Duas cores do espectro (amarelo e violeta). Uma cor fora do espectro (marrom).
5ª	Laranja, verde e violeta.	Uma cor primária RGB (verde). Todas cores secundárias pigmento. Uma cor primária RGB (verde). Duas cores frias (verde e violeta). Uma cor quente (laranja). Todas do espectro.
6ª	Vermelho, verde e azul.	Todas cores primárias RGB. Uma cor primária CYMK (ciano = azul). Duas cores primárias pigmento (vermelho e azul). Uma cor secundária pigmento (verde). Duas cores frias (azul e verde). Uma cor quente (vermelho). Todas do espectro.
7ª	Azul, rosa, preto.	Uma cor primária CYMK (ciano = azul). Uma cor primária CYMK (rosa = magenta). Uma cor secundária CYMK (rosa = magenta). Uma cor primária pigmento (azul). Uma cor primária com alto brilho (rosa). Uma cor com baixo brilho (preto).
8ª	Laranja, marrom e cinza.	Uma cor secundária CYMK (laranja). Uma cor secundária pigmento (laranja). Uma cor terciária pigmento (marrom).
9ª	Vermelho, rosa e branco.	Uma cor primária RGB (vermelho). Uma cor secundária CYMK (vermelho). Uma cor primária pigmento (vermelho). Variações de saturação.
10ª	Amarelo, branco e preto.	Uma cor primária pigmento e CYMK (amarelo). Duas cores compostas (branco RGB e preto CYMK). Uma cor do espectro. Duas cores fora do espectro.

Fonte: autor.

Toda a sequência de apresentar uma tríade, separar por semelhança e diferença, nomear os polos dos constructos e dar valores a cada uma das cores é repetida com todas as tríades até que o entrevistado demonstre não conseguir separar as tríades, não conseguir nomear os constructos ou quando começa a haver repetição de constructos, o que ocorrer primeiro (Figura 59).

Figura 59 - Fluxograma para preenchimento da MR.



Fonte: autor.

Transferem-se as MRs obtidas para o *software* Rep Plus para que o mesmo realize os cálculos e produza o diagrama da AAH, conforme descrito detalhadamente na próxima seção. A seção que se segue descreve a AAH explicando um pouco sobre a leitura do diagrama gerado pelo *software*.

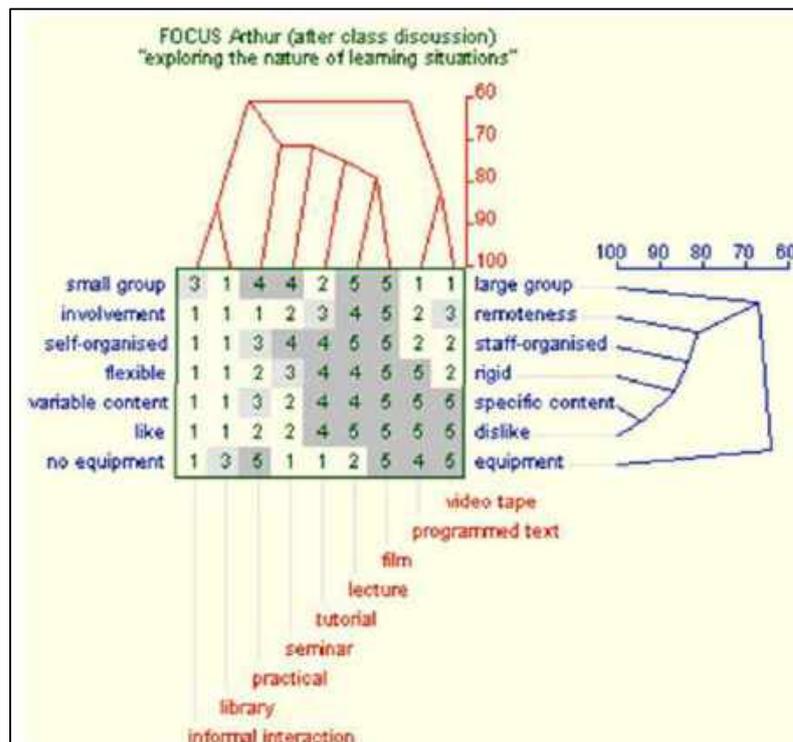
5.5.1 Análise de Agrupamentos Hierárquicos e Dendrograma

De acordo com Santos e Moreira (1991), a AAH é usada em estudos de mapeamento cognitivo. Eles levantaram uma crítica à tentativa de fazer o mapeamento cognitivo com essa ferramenta afirmando que a ordem em que os agrupamentos aparecem não revelou nada da

natureza das relações entre os conceitos envolvidos. É possível que essa crítica não se aplique ao presente estudo já que a TCP é interpretativa, o que, em princípio, sanaria essa falha.

Utilizando-se a AAH, pode-se construir diagramas (dendrogramas) parecidos com os que são vistos acima e à direita da MR na Figura 60. A ideia é que o dendrograma representa elementos e constructos agrupados por similaridades. Isso é possível graças a um processamento matemático sobre os dados da MR que considera cada constructo (ou elemento) como uma coordenada diferente em um espaço com dimensão igual à quantidade de constructos (ou de elementos). A descrição detalhada de alguns desses processos de cálculo pode ser encontrada no Apêndice F.

Figura 60 - Exemplo de diagrama produzido na AAH.



Fonte: Shaw e Gaines (2005).

Para esta pesquisa, o *software* de uso livre Rep Plus (2018) automatizou a transformação das MRs em matrizes de similaridade e todos os cálculos por trás desse processo. Transferiram-se os dados das MRs obtidas nas entrevistas para o referido *software* e reproduziram-se os dendrogramas obtidos aqui. O *software* Rep Plus fez todas essas operações internamente e forneceu apenas o dendrograma final. Como dito anteriormente, para esse tipo de análise, parece ser melhor atribuir o valor médio para elementos quando o entrevistado não consegue usar o constructo. Ou seja, quando um constructo não é permeável a um elemento,

coloca-se este igualmente distante dos polos do constructo. Assim, na AAH, o elemento não parece próximo a nenhum dos polos que é um modo de interpretar o fato de não se encaixar no constructo.

A MR do exemplo (Figura 60) trata de situações de aprendizagem tais como filme (*'film'*), seminário (*'seminar'*), leitura (*'lecture'*) etc. Observando-se as árvores²⁹ que aparecem acima e do lado direito da MR, pode-se avaliar a similaridade ou a diferença entre os elementos e/ou entre os constructos. Por exemplo, os elementos *'library'* (biblioteca) e *'informal interaction'* (interação informal) têm similaridade próxima dos noventa por cento (90%). Pode-se notar que isso é razoável, pois, de acordo com a MR, esses elementos diferem muito pouco nos valores dados a eles para cada constructo. Diferem apenas nos constructos *'small group ↔ large group'* e *'no equipment ↔ equipment'*.

A árvore do lado direito da matriz de repertório (Figura 60) permite fazer um estudo parecido com os constructos. Pode-se notar, por exemplo, que os constructos *'like ↔ dislike'* (gosta ↔ não gosta) e *'variable content ↔ specific content'* (conteúdo variável ↔ conteúdo específico) são bastante similares. Isso pode ser interpretado como uma preleção do entrevistado (*'like'*) por situações de aprendizagem com conteúdo variado (*'variable content'*) e desagrado (*'dislike'*) por aquelas com conteúdos específicos (*'specific content'*).

Na presente pesquisa consideram-se agrupamentos indicativos de coerência aqueles que se agregaram com similaridade acima de 75%. Para MR cujos valores possíveis estejam de 1 a 5, agrupamentos com menos de 75% de similaridade significam ajuntamento de elementos com valores em um dos polos e valores próximos desse polo, mas não no meio. Para essa análise, quando um entrevistado não consegue encaixar um elemento em certo constructo, coloca-se o valor intermediário (3) para que o elemento fique igualmente distante dos dois polos. O fato de não conseguir encaixar o elemento no constructo, entretanto, é anotado.

Outra possibilidade da AAH é a capacidade de comparar dois sistemas de construção diferentes em busca de similaridades e de diferenças entre eles. Usando-se constructos e/ou elementos de sistemas diferentes, pode-se realizar os mesmos cálculos de similaridade feitos com elementos e/ou constructos de um mesmo sistema e verificar que constructos e/ou elementos são próximos ou afastados. Desse modo, mesmo que alguém usa nomes diferentes para constructos de outro, pode-se identificar um mesmo constructo sendo usado. Ou, para um mesmo elemento, pode-se mostrar comparativamente as diferenças na estrutura de um e de outro sistema. Ao comparar o sistema de constructo de referência científico com o sistema de

²⁹ O termo 'árvore' é usado aqui no sentido de estrutura de dados (C.f. CORMEN et al., 2002).

constructo de um ator social, é possível estabelecer de que modos um se aproxima ou se afasta do outro.

Cada constructo da matriz de repertório é encarado como uma coordenada (x_α) em um espaço multidimensional cuja dimensão é igual à quantidade de constructos (n). Seja a matriz de repertório da Figura 61. A dimensão do espaço é $n = 3$, pois há três constructos no exemplo dado, ou seja, o maior valor de α é 3. Os valores atribuídos aos elementos variam de 1 a 5, portanto, Δx é igual a 4.

Figura 61 - Matriz de repertório do exemplo.

Polo da Semelhança (1)	Elemento W	Elemento X	Elemento Y	Elemento Z	Polo da Diferença (5)	Número da Variável Dimensional
Constructo A (Semelhança)	3	①	①	⑤	Constructo A (Diferença)	$\alpha = 1$
Constructo B (Semelhança)	①	⑤	①	2	Constructo B (Diferença)	$\alpha = 2$
Constructo C (Semelhança)	⑤	①	4	①	Constructo C (Diferença)	$\alpha = 3$

Os constructos A ($\alpha = 1$), B ($\alpha = 2$) e C ($\alpha = 3$) são as coordenadas. Se elas forem organizadas em triplas ordenadas, a localização de W será (3, 1, 5), a de X será (1, 5, 1), a de Y será (1, 1, 4) e de Z será (5, 2, 1). Para determinar a distância entre W e X, o primeiro passo é subtrair as coordenadas e tomar o módulo dessa diferença. A distância entre os elementos será a soma dos módulos das diferenças entre as coordenadas (Figura 62). A distância encontrada entre W e X é igual 4.

Figura 62 - Cálculo da distância entre W e X

	$\alpha = 1$	$\alpha = 2$	$\alpha = 3$
Elemento W	1	1	0
Elemento X	3	2	1
Diferença	-2	-1	-1
Módulo da diferença	2	1	1
Soma dos módulos das diferenças	4		

Repetindo-se esse procedimento entre cada uma das demais duplas possíveis (W e Y, W e Z, X e Y, X e Z, Y e Z), encontram-se as distâncias entre todos os elementos desse espaço e pode-se organizar a matriz de distância. Os valores dos elementos de uma matriz de distância respeitam duas regras básicas tornando a matriz simétrica e com a diagonal principal nula: $a_{ij} = a_{ji}$ e $a_{ii} = 0$.

O elemento a_{ij} da matriz de distância fornece a separação entre os elementos E_i e E_j . Como a distância entre os elementos E_i e E_j é a mesma entre E_j e E_i , os elementos a_{ij} e a_{ji} são iguais e a matriz de distância é uma matriz simétrica. Como a distância entre o elemento E_i e ele mesmo é nula, tem-se que $a_{ij} = 0$ quando $i = j$, ou seja, a diagonal principal da matriz de distância é nula. Para definições de matrizes simétrica e com diagonal principal nula, pode-se consultar Dante (2009) ou Boldrini (1980).

Figura 63 - Matriz de distância do exemplo.

	Elemento W	Elemento X	Elemento Y	Elemento Z
Elemento W	0	4	3	7
Elemento X	4	0	7	7
Elemento Y	3	7	0	7
Elemento Z	7	7	7	0

Depois de obtida a matriz de distância, deve-se normalizá-la. A normalização da matriz de distância é o processo de obter distâncias entre os elementos que estejam dentro do intervalo $[0, 1]$. Para fazer a normalização da matriz de distância, basta dividir todos os seus valores pela máxima distância possível entre dois de seus elementos no espaço (ou seja, dividir pelo produto $\Delta x \cdot n$). No exemplo dado, com valores da matriz de repertório variando entre 1 e 5 (Maior variação = 4) e três constructos ($n = 3$), essa distância máxima é 12.

A ideia é que a maior distância possível nesse espaço é um elemento estar na posição (1, 1, 1) e o outro estar na posição (5, 5, 5). Portanto, a maior distância possível entre esses elementos seria $|1 - 5| + |1 - 5| + |1 - 5|$, ou seja, $3 \cdot 4 = 12$ (O número de constructos multiplicado pela maior variação Δx). A Figura 64 é a matriz da Figura 63 normalizada. Os

elementos da matriz de distância foram divididos por 12 e arredondados para ficarem com duas casas decimais.

Figura 64 - Matriz de distância normalizada do exemplo.

	Elemento W	Elemento X	Elemento Y	Elemento Z
Elemento W	0,00	0,33	0,25	0,58
Elemento X	0,33	0,00	0,58	0,58
Elemento Y	0,25	0,58	0,00	0,58
Elemento Z	0,58	0,58	0,58	0,00

Generalizando-se para qualquer matriz de repertório, as distâncias podem ser calculadas por:

$$\text{Distância normalizada} = \frac{\sum_{\alpha=1}^n |x_{1\alpha} - x_{2\alpha}|}{\Delta x \cdot n} \quad \text{Equação 1}$$

onde $x_{1\alpha}$ é o valor numérico atribuído ao α -ésimo constructo para o elemento 1; $x_{2\alpha}$ é o valor numérico atribuído ao α -ésimo constructo para o elemento 2; n é a quantidade de constructos ou de coordenadas e Δx é a diferença entre o maior e o menor valores que podem ser atribuídos a um elemento para determinado constructo. Outra opção é utilizar a equação de distância euclidiana normalizada, mas ela exige mais operações:

$$\text{Distância euclidiana normalizada} = \sqrt{\frac{\sum_{\alpha=1}^n (x_{1\alpha} - x_{2\alpha})^2}{(\Delta x)^2 \cdot n}} \quad \text{Equação 2}$$

A matriz de distância normalizada é uma matriz de diferenças. Ao afirmar que a distância entre os elementos W e X é 0,33 na Figura 64, quer-se dizer que a diferença entre esses elementos é de 33%. A Análise por Agrupamento Hierárquico (AAH) parte de uma matriz de similaridades e, não, de uma matriz de diferença. Como os elementos com distância 0,00 têm 100% de similaridade e os que estão à distância 1,00 são os mais distantes e têm similaridade de 0%, a matriz de similaridades é facilmente obtida da matriz de distância normalizada assim:

$$\text{Similaridade} = 1 - \text{Distância normalizada}$$

Equação 3

A Figura 65 mostra a matriz de similaridades obtida da matriz de distância normalizada da Figura 64.

Figura 65 - Matriz de similaridades do exemplo

	Elemento W	Elemento X	Elemento Y	Elemento Z
Elemento W	0,00	0,67	0,75	0,42
Elemento X	0,67	0,00	0,42	0,42
Elemento Y	0,75	0,42	0,00	0,42
Elemento Z	0,42	0,42	0,42	0,00

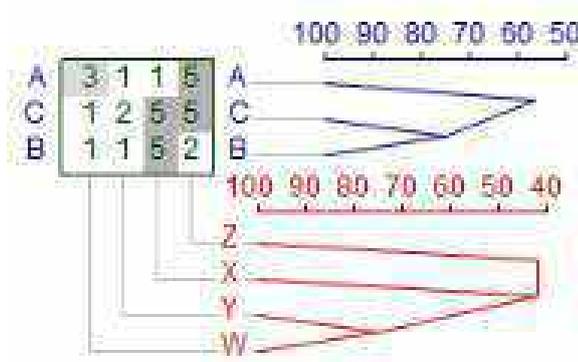
A partir da matriz de similaridade, pode-se fazer a AAH e podem-se construir os diagramas necessários para a análise de fragmentação como é realizada nesse trabalho. A primeira etapa é localizar o primeiro agrupamento. Olhando-se para a matriz de similaridades da Figura 65, procura-se a maior similaridade entre elementos. Ela ocorre entre os elementos W e Y (0,75). Portanto, o primeiro agrupamento é entre esses dois elementos. Uma nova matriz de similaridade é obtida (Figura 66). Agora, os elementos W e Y representam um só elemento. Originalmente (Figura 65), a similaridade entre W e X era de 0,67 e entre Y e X era de 0,42. Agora que W e Y estão agrupados, a similaridade de X com esse agrupamento será a menor dessas similaridades (0,42). O mesmo ocorrerá para Z.

Como W e Y já estão agrupados, o próximo grupo será formado com a segunda maior similaridade (0,42). Entretanto, como pode ser observado na matriz da Figura 66, o grupo WY e os elementos X e Z agrupam-se nesse ponto. A AAH terminou. A Figura 67 mostra o diagrama gerado pelo *software* Rep Plus para a matriz de repertório do exemplo.

Figura 66 - Matriz de similaridades reduzida.

	Elemento X	Grupo W e Y	Elemento Z
Elemento X	0,00	0,42	0,42
Grupo W e Y	0,42	0,00	0,42
Elemento Z	0,42	0,42	0,00

Figura 67 - Diagrama gerado pelo Rep Plus.

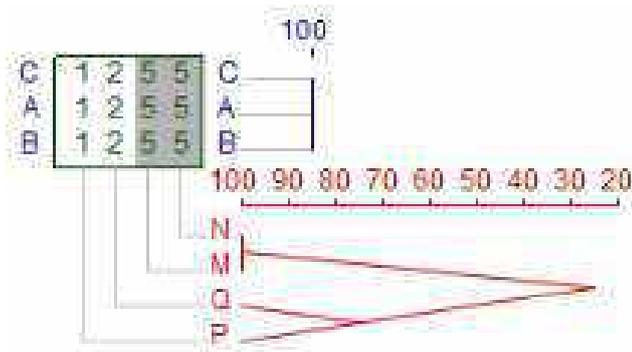


A significância dos agrupamentos para matrizes de repertório precisa ser analisada agora. Se todos os valores dos constructos atribuídos a dois elementos são iguais, a similaridade entre os elementos é de 100%. No diagrama da AAH eles aparecem agrupados como se fossem um só elemento. Se os valores inteiros da matriz de repertório estão no intervalo de 1 a 5, pode-se considerar que os elementos estão próximos se a diferença dos valores atribuídos a eles, nos constructos, for igual a 1. Por exemplo, seja a matriz de repertório dada na Figura 68. Os elementos M e N receberam os mesmos valores para os constructos (5). O elemento P recebeu o outro valor extremo (1) para todos os constructos. O elemento Q recebeu valores nos constructos para ficar próximo de P e distante de M e N.

Figura 68 - Proximidade e coincidência.

Polo da Semelhança (1)	Elemento M	Elemento N	Elemento P	Elemento Q	Polo da Diferença (5)
Constructo A (Semelhança)	5	5	1	2	Constructo A (Diferença)
Constructo B (Semelhança)	5	5	1	2	Constructo B (Diferença)
Constructo C (Semelhança)	5	5	1	2	Constructo C (Diferença)

Figura 69 - AAH do exemplo.



Como pode ser notado através do diagrama de AAH da Figura 69, os elementos P e Q estão com similaridade de 75% (0,75) e os elementos M e N apresentam similaridade de 100% (1,00). A similaridade entre o grupo formado por P e Q e o grupo formado por M e N é de apenas 25% (0,25). De fato, agrupamentos em torno de 75% serão significativos porque esse valor representa que os valores atribuídos aos constructos para os elementos desse agrupamento estão próximos. Pode-se mostrar isso matematicamente. Se a similaridade for igual a 75%, a distância normalizada será de:

$$\text{Similaridade} = 1 - \text{Distância normalizada}$$

Equação 3

$$0,75 = 1 - \text{Distância normalizada}$$

$$\text{Distância normalizada} = 0,25$$

Se a distância normalizada é igual a 0,25; então a distância entre os valores será:

$$\begin{aligned} \text{Distância normalizada} &= \frac{\sum_{\alpha=1}^n |x_{1\alpha} - x_{2\alpha}|}{\Delta x \cdot n} && \text{Equação 1} \\ 0,25 &= \frac{\sum_{\alpha=1}^n |x_{1\alpha} - x_{2\alpha}|}{4 \cdot n} \\ 0,25 \cdot 4 \cdot n &= \sum_{\alpha=1}^n |x_{1\alpha} - x_{2\alpha}| \\ n &= \sum_{\alpha=1}^n |x_{1\alpha} - x_{2\alpha}| \end{aligned}$$

Se todas as diferenças $|x_{1\alpha} - x_{2\alpha}|$ são iguais:

$$n = n \cdot |x_1 - x_2|$$

$$|x_1 - x_2| = 1$$

Por outro lado, sabe-se que o constructo ‘baixa frequência ↔ alta frequência’ é incompatível com o constructo ‘pequeno comprimento de onda ↔ grande comprimento de onda’ (posto nessa ordem), pois quando uma onda tem baixa frequência, seu comprimento de onda deve ser grande. Considere-se que as cores básicas do espectro – vermelho, laranja, amarelo, verde, azul e violeta – estejam sendo analisadas dentro desses dois constructos.

	Vermelho	Laranja	Amarelo	Verde	Azul	Violeta
Baixa frequência – Alta frequência	1	2	3	3	4	5
Pequeno comprimento de onda – Grande comprimento de onda	5	4	3	3	2	1
Diferença	- 4	- 2	0	0	2	4
Módulo da diferença	4	2	0	0	2	4
Distância	12					
Distância normalizada	0,50					
Similaridade	50%					

Nota-se que os constructos representam inconsistência e fragmentação, pois apresentam similaridade menor do que 75%.

Portanto, agrupamentos com similaridade acima de 75% devem ser considerados significativos para análises de matrizes de repertório. Elementos com similaridade abaixo de 75% podem ser considerados inconsistentes um com o outro.

Na próxima seção, descreve-se a análise realizada sobre o livro didático usado pelos atores sociais no Ensino Médio.

5.6 Análise do livro didático de Física

Escolheu-se o livro que os atores sociais da pesquisa usaram no Ensino Médio como livro didático de Física para análise. Para a construção dos dados dessa parte da pesquisa, utilizou-se a Análise de Conteúdo proposta por Bardin (2016).

As etapas da metodologia foram as mesmas estabelecidas por Bardin (2016), a saber:

- a) Pré-análise;
- b) exploração do material;
- c) o tratamento dos resultados a inferência e a interpretação.

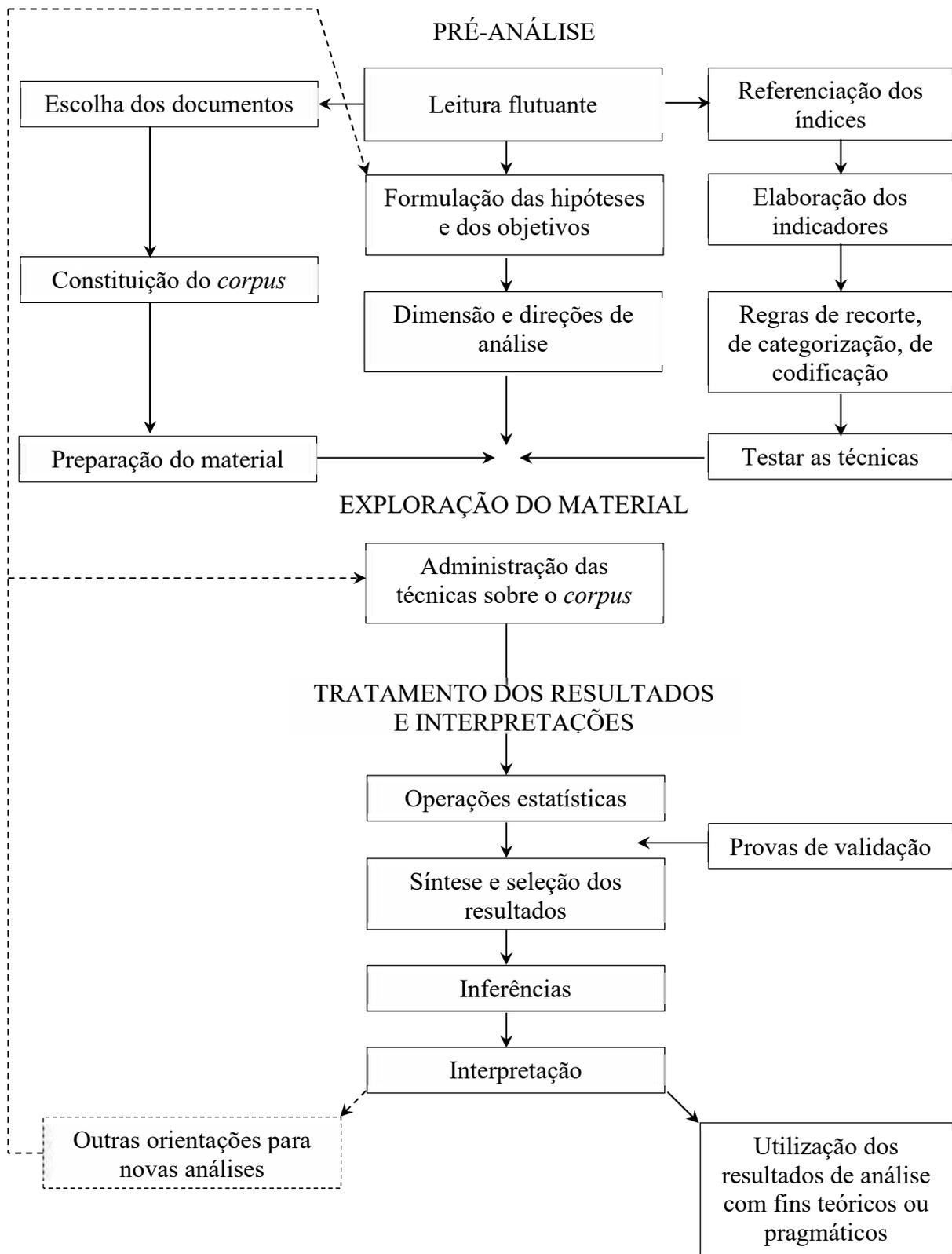
A Figura 70 mostra o fluxograma geral desse tipo de análise.

5.6.1 Pré-Análise

Na fase da pré-análise, realiza-se uma leitura flutuante tendo em mente o objetivo específico referente ao livro didático. a construção do objetivo específico da investigação, a escolha dos documentos (*corpus*) e o levantamento de hipóteses iniciais. O pesquisador realizou uma pesquisa bibliográfica exploratória a partir de sua experiência anterior com o uso de livros didáticos em sala de aula e com a análise deles para a escolha de obras para uso nas escolas em que trabalhou. O conjunto de obras a serem investigadas constituem o *corpus* da pesquisa. A construção do *corpus* da pesquisa deu-se respeitando os critérios de Bardin (2016): exaustividade, representatividade, homogeneidade e pertinência.

Alcançou-se a exaustividade porque se utilizou todos os capítulos do livro de física selecionado sobre Óptica. A representatividade foi atingida porque eles são os únicos capítulos que tratam do assunto. O *corpus* é homogêneo, pois todos os capítulos respeitam um mesmo critério: tratar de cores e pertencer à Óptica. O fato de o livro didático ter sido usado pelos estudantes selecionados, torna-o pertinente.

Figura 70 - Fluxograma da análise de conteúdo segundo Bardin (2016).



Fonte: adaptado de Bardin (2016).

5.6.2 Exploração do material

a) Categorização dos textos do livro didático.

Após diversas leituras do material, localizaram-se as unidades de contexto, ou seja, os elementos que se referem ao conceito de cor. A busca por palavras tais como ‘cor’, ‘cores’, ‘coloração’, ‘decomposição da luz branca’ auxiliou nessa etapa. Depois, destacaram-se as unidades de contexto, ou seja, partes do texto maiores em que essas unidades de registro estão inseridas e que auxiliaram na interpretação. Transcreveu-se cada uma das unidades de contexto em uma célula de uma planilha eletrônica. O uso da planilha eletrônica facilitou a manipulação dos dados obtidos (Figura 71).

Figura 71 - Print screen da planilha eletrônica (Excel) usada na análise de conteúdo.

	A	B	C	D
1	TX-1a	À luz do Sol, os objetos se apresentam nas mais variadas cores: azul, vermelho, verde etc. (figura 18).		
2	TX-1b	Mes como isso acontece, se todos são iluminados com a mesma radiação solar?		
3	TX-2a	Em primeiro lugar, é preciso entender que a luz branca (branco-amarelado) que recebemos do Sol não é uma radiação monocromática, ou seja, não é constituída por um único tipo de radiação.		
4	TX-2b	A luz emitida pelo Sol é policromática (composta de várias radiações).		
5	TX-2c	As cores que compõem a luz branca solar são sete: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta.		
6	TX-3a	Essas sete cores compõem o espectro de luz visível e estão compreendidas entre as frequências de $4 \cdot 10^{14}$ Hz, para o vermelho, e $8 \cdot 10^{14}$ Hz, para o violeta, ambos valores aproximados, conforme mostra a figura 19.		
7	TX-4a	Em segundo lugar, devemos levar em conta que os objetos não se comportam todos do mesmo modo em relação às radiações refletidas.		
8	TX-4b	Quando iluminados por luz branca, determinados objetos podem refletir difusamente todas as radiações componentes dessa luz; outros refletem somente algumas; e há também objetos que podem absorver todas as componentes da luz branca.		
9	TX-5a	Para nós, o importante é a componente (ou componentes) refletida(s) difusamente pelo objeto.		
10	TX-5b	Se um objeto iluminado pela luz branca solar refletir difusamente apenas a componente verde, ele será visto por nós na cor verde; se refletir somente o azul, será visto na cor azul (figura 20), e assim por diante.		
11	TX-5c	Corpo branco é o que reflete difusamente todas as cores componentes da luz branca; corpo negro, ao contrário, é que absorve todas as cores que nele incidem.		
12	TX-6a	Vemos assim que nossa percepção de cores depende de vários fatores, como a fonte de luz usada, a luz refletida difusamente e, também, a nossa sensibilidade visual em relação à luz que recebemos.		
13	TX-7a	Quando ouvimos uma orquestra, podemos discernir nitidamente os violinos, o piano, o contrabaixo, os instrumentos de percussão e outros. Com a nossa visão isso não ocorre.		
14	TX-7b	Quando recebemos radiações diferentes em um mesmo ponto da retina, nossa sensação não é múltipla, mas sim proveniente de uma determinada cor.		

Fonte: autor.

De posse das unidades de contexto, passou-se à categorização. A categorização é um processo no qual se agrupam os elementos de acordo com critérios estabelecidos pelo objetivo da pesquisa. As categorias podem ser teóricas ou empíricas. As categorias teóricas, como o próprio nome indica, surgiram a partir da teoria que direcionou o olhar do pesquisador. Nesse

caso, essa teoria é apresentada no capítulo 1, descrita, dentre outros, por Vasconcellos (2002).

As categorias teóricas foram:

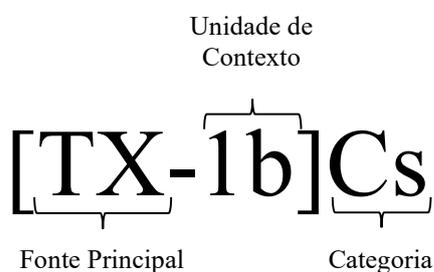
- Conceituação simples (Cs): significa tratar o conceito de cor apenas sob o aspecto físico, relacionado à frequência da onda eletromagnética, ignorando-se aspectos tecnológicos, químicos, biológicos, psicológicos e/ou artísticos associados ao conceito.
- Conceituação complexa (Cc): significa considerar a relação do conceito físico de cor com algum aspecto químico, tecnológico, biológico, psicológico e/ou artístico.

As categorias empíricas emergiram do campo de pesquisa e apenas surgiram no processo de pesquisa.

b) Codificação.

A codificação é a etapa na qual cria-se um código para nominar as unidades de contexto a fim de facilitar a menção e o tratamento dos dados. O esquema a seguir ilustra um exemplo da estrutura do código que se utilizará.

Figura 72 - Padrão de codificação utilizado na análise de conteúdo.



Fonte: autor.

O início do código é TX para texto escrito e FI para figura ou texto imagético. Dividiram-se os textos do livro em unidades de contexto. Para o caso de textos escritos, essas unidades receberam um número referente ao parágrafo a que pertencem e uma letra para representar a parte desse em que estão inseridas. Para o caso de imagens, o número refere-se à página e uma letra para representar a figura dessa página. A última parte do código refere-se à categoria a que pertence a unidade de contexto. No exemplo dado apresenta-se a categoria “conceituação simples” (Cs).

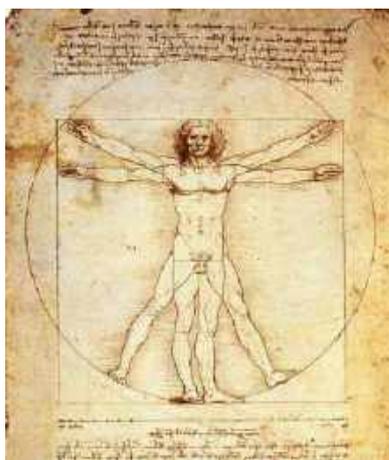
5.6.3 Tratamento de resultados, inferências e interpretação

Nos textos escritos e imagéticos estudados, a presença ou a ausência de referências às sete cores do espectro eletromagnético constituiu um indicador da análise de conteúdo. Por outro lado, discussões sobre o funcionamento fisiológico tricrômico do olho para a percepção das cores, tecnologia de cores em monitores e telas e o sistema RGB (*Red-Green-Blue*), tecnologia de impressoras coloridas e o sistema CMYK (*Cian-Magenta-Yellow-Black*) constituíram um indicador para outra categoria teórica e empírica. A distinção entre os conceitos de cores frias e quentes para a arte e para a física foi um indicador para uma abordagem complexa. O estudo da relação espacial entre as partes de um mesmo texto auxiliou na inferência de um texto ser mais integrado ou mais dicotômico entre as abordagens meramente física e sistêmica.

6 RESULTADOS E DISCUSSÕES

O homem é a medida de todas as coisas, das coisas que são, enquanto são, das coisas que não são, enquanto não são.
(Protágoras)

Figura 73 - O Homem Vitruviano, de Leonardo da Vinci, c. 1490.



Fonte: Asmetro (2020).

Neste capítulo, apresentam-se os resultados obtidos nas análises das MRs que são reproduzidos nos apêndices. Na seção 6.2, mostra-se a AAH da MR de referência construída pelo pesquisador para servir de base para o estudo da fragmentação das MRs dos sujeitos da pesquisa. Cada uma das seções seguintes fornece a análise de um dos alunos pesquisados: 6.3 para o aluno A1, seção 6.4 para o aluno A2 e seção 6.5 para o aluno A3. Na seção 6.6, faz-se uma análise geral das MRs. Na seção 6.7, dá-se o resultado da análise do livro didático.

6.1 Entrevistas

Houve três visitas prévias ao estabelecimento de ensino para que o pesquisador estabelecesse contato com a direção, a coordenação e o professor de Física da turma. Nessas visitas prévias, conversou-se também com alguns alunos de modo informal para levantamento de suas expectativas, anseios e curiosidades com relação à pesquisa. As entrevistas para a construção das MRs tiveram duração de cerca de uma hora e meia em um local reservado e apropriado para isso, ou seja, silencioso. As entrevistas ocorreram nos dias seis (06) e nove (09) de novembro de 2009. O áudio das entrevistas de preenchimento das MRs foi gravado e transcrito para que auxiliasse na interpretação e na análise posteriores. Transferiram-se os dados

das MRs para o *software* Rep Plus (2018) e geraram-se dendrogramas a partir da AAH entre os elementos e entre os conceitos. Previamente, construiu-se uma MR de referência utilizando constructos científicos. Através da MR de referência, do áudio das entrevistas e das AAH, fez-se a análise e chegaram-se às considerações finais.

6.2 AAH da MR de referência

A Figura 74 mostra a MR de referência com os elementos e os constructos científicos e artísticos escolhidos pelo pesquisador para a presente investigação. Ela foi transcrita no *software* Rep Plus que fez o dendrograma (representação diagramática da AAH).

Figura 74 - MR de referência.

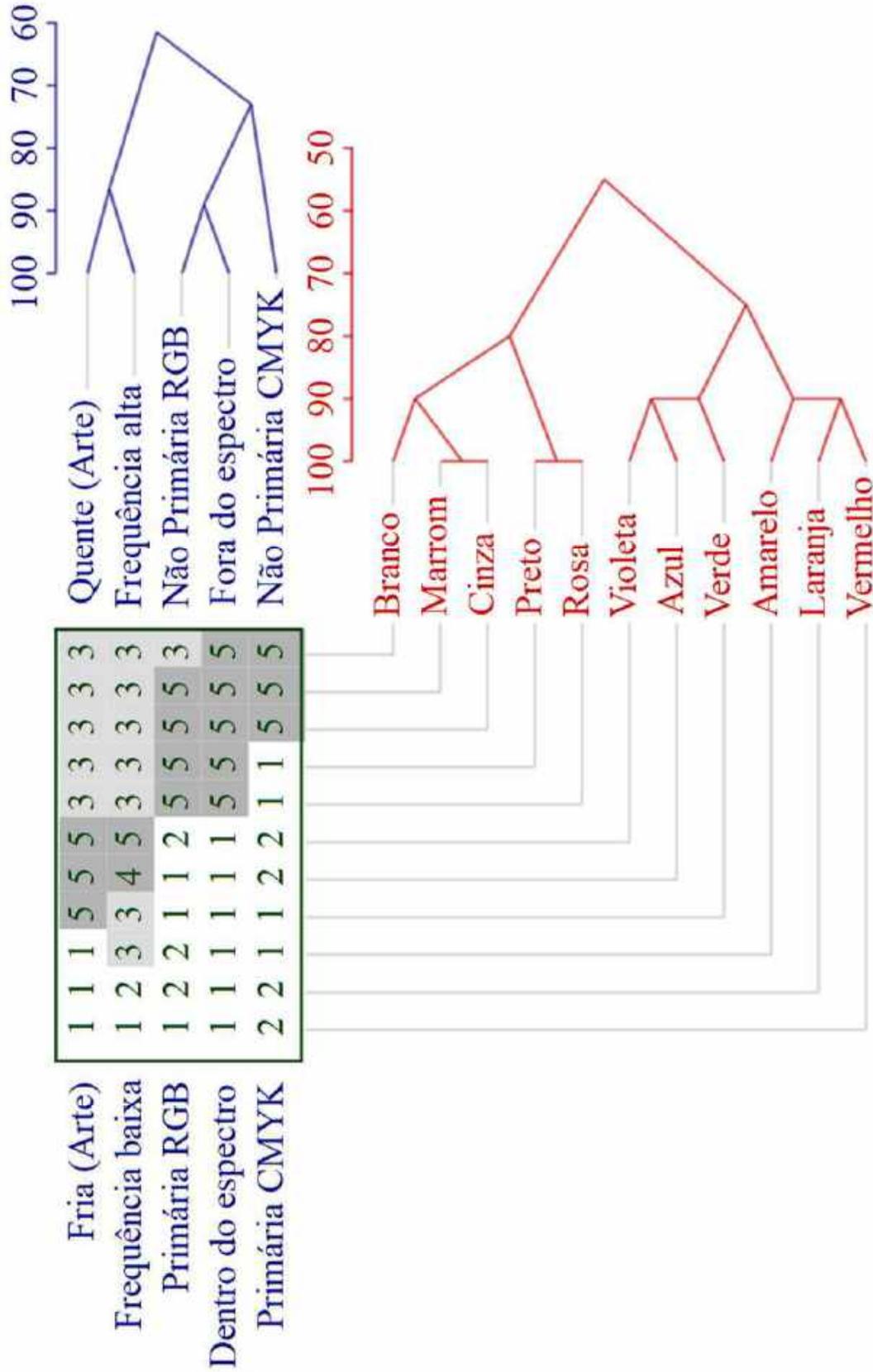
		Elementos										Polo de Contraste (5)		
		Vermelho	Laranja	Amarelo	Verde	Azul	Violeta	Marrom	Rosa	Branco	Cinza			Preto
Polo de Semelhança (1)														
Constructos	Fria (Arte)	5	5	5	1	1	1	3	3	3	3	3	3	Quente (Arte)
	Frequência baixa	1	2	3	3	4	5	3	3	3	3	3	3	Frequência alta
	Luminosidade baixa	1	3	3	3	3	3	3	3	5	3	1	3	Luminosidade alta
	Saturação baixa	5	3	3	3	3	3	3	3	1	3	3	3	Saturação alta
	Dentro do espectro	1	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	5	Fora do espectro
	Primária RGB	1	3	5	1	3	3	3	1	3	3	5	5	Primária CYMK

Fonte: autor.

Os dados elaborados pelo pesquisador da presente investigação geraram, através da AAH, o diagrama da Figura 75.

Com relação aos elementos, nota-se que uma macroestrutura importante separa as cores quentes (vermelho, laranja, amarelo), as cores frias (verde, azul e violeta) e as cores fora do espectro (branco, preto, cinza, rosa e marrom). Com relação aos constructos, aparece a proximidade esperada entre os constructos ‘frequência baixa ↔ frequência alta’ e ‘quente (Arte) ↔ frio (Arte)’, com os polos nessa respectiva ordem. A presença ou não dos agrupamentos das cores quentes e frias e entre cores do espectro eletromagnético e cores fora dele são os critérios para determinar a fragmentação.

Figura 75 - AAH da MR de referência.



Fonte: autor, com auxílio do software Rep Plus.

6.3 Análise para o aluno A1

A MR construída pelo aluno A1 encontra-se reproduzida no Apêndice A. No processo de construção da MR, o aluno A1 encontrou cinco constructos que estão no Quadro 16.

Quadro 16 - Constructos do aluno A1.

Constructos	
Polo da semelhança	Polo do contraste
Fraco	Intenso
Faz parte da bandeira brasileira	Não faz parte da bandeira brasileira
Associada a ideias desagradáveis	Associada a ideias agradáveis
Pertence ao espectro eletromagnético	Não pertence ao espectro eletromagnético
Usável em roupa	Não adequado para roupa

Fonte: autor.

O Quadro 17 traz uma possível categorização dos constructos. Os constructos ‘associada a ideias desagradáveis ↔ associada a ideias agradáveis’ e ‘usável em roupa ↔ não adequado para roupa’ são muito pessoais e, por isso, foram considerados constructos centrais.

Quadro 17 - Categorização dos constructos de A1.

Constructo	Constructo científico equivalente ou associado	Categoria
Fraco ↔ Intenso	Luminosidade baixa – Luminosidade alta	Constructo proposicional
Faz parte da bandeira brasileira ↔ Não faz parte da bandeira brasileira		Constructo impermeável Constructo proposicional
Associada a ideias desagradáveis ↔ Associada a ideias agradáveis		Constructo central Constructo proposicional
Pertence ao espectro eletromagnético ↔ Não pertence ao espectro eletromagnético	Pertence ao espectro eletromagnético ↔ Não pertence ao espectro eletromagnético	Constructo impermeável Constructo proposicional
Usável em roupa ↔ Não adequado para roupa		Constructo central Constructo proposicional

Fonte: autor.

A Figura 76 mostra o resultado da AAH aplicada à MR. Existem dois macrogrupos relevantes: um formado por ‘branco’, ‘rosa’, ‘marrom’, ‘preto’ e ‘cinza’ e, o outro, por ‘vermelho’, ‘violeta’, ‘laranja’, ‘amarelo’, ‘verde’ e ‘azul’. Essa configuração era esperada pois o A1 fez uso do constructo ‘pertence ao espectro ↔ não pertence ao espectro’. Essa matriz apresenta fragmentação com relação às cores frias e quentes da Arte, pois ‘vermelho’ está distante das demais cores quentes e ‘violeta’ está mais distante das outras cores frias. Nenhum

constructo encontra-se agrupado de forma relevante, confirmando a fragmentação no sistema de construção. Por outro lado, o constructo “pertence ao espectro eletromagnético visível ↔ não pertence ao espectro eletromagnético visível” é interessante porque se mostra como um constructo superordenado para a ciência. Ele divide os elementos em dois grupos com similaridade de cerca de 60%.

De acordo com a classificação de Kelly para constructos, as categorias que aparecem para o aluno A1 são: impermeável, proposicional e central.

6.3.1 Comparação entre sistema científico e o sistema do aluno A1

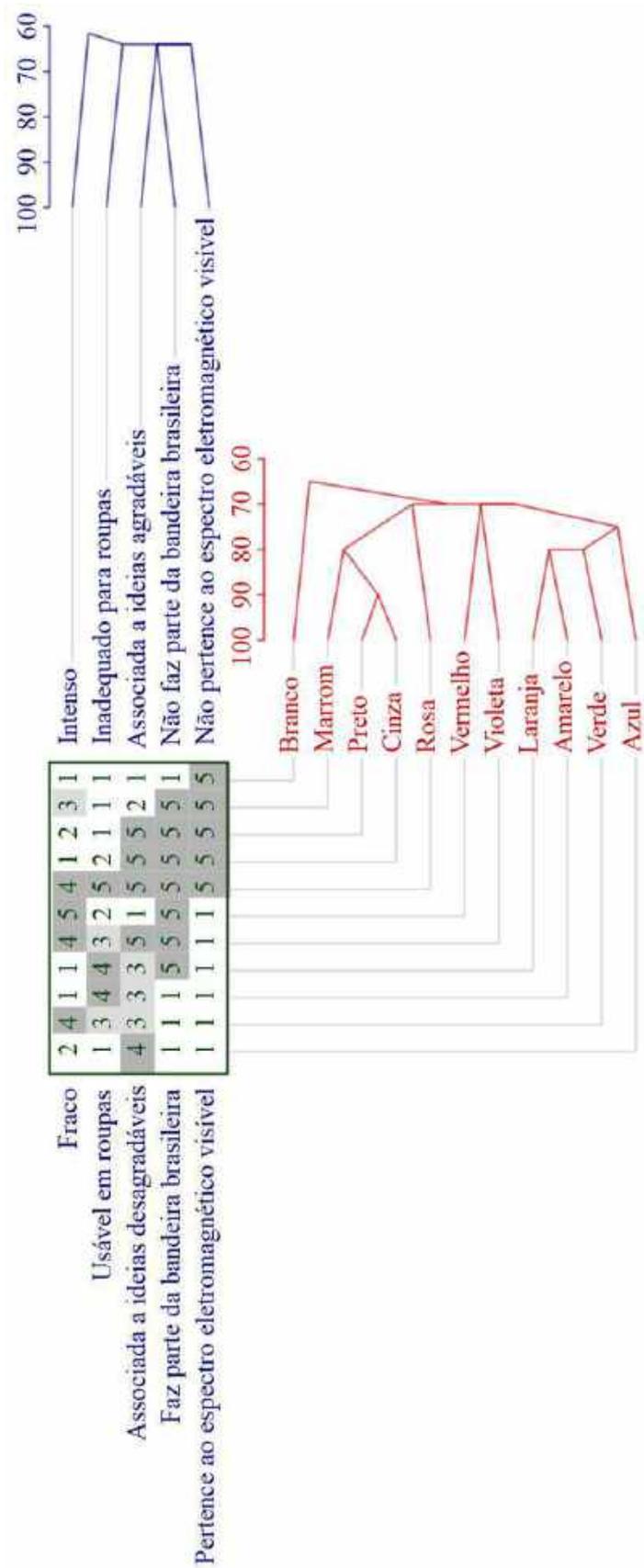
A Figura 77 mostra os resultados da AAH comparativa entre os sistemas de constructos do aluno A1 e o sistema de constructos científico de referência (MR).

O constructo ‘pertence ao espectro eletromagnético visível ↔ não pertence ao espectro eletromagnético visível’ concorda em 100% com o constructo ‘dentro do espectro ↔ fora do espectro’. Embora tenham nomes diferentes, é possível afirmar que se trata de um mesmo constructo. Ou seja, o ator social apresenta um dos constructos da ciência. Interessante notar que há alguma correlação (77,3%) entre os constructos ‘associada a ideias desagradáveis ↔ associada a ideias agradáveis’ do ator social e ‘frequência baixa ↔ frequência alta’ da ciência.

Com relação às cores, os elementos ‘branco’, ‘preto’ e ‘rosa’ no sistema de constructos do ator social apresentam menos de 75% de similaridade com os mesmos elementos do sistema científico de referência. Para o marrom, o amarelo e o verde, há uma excelente concordância, com 95% de similaridade.

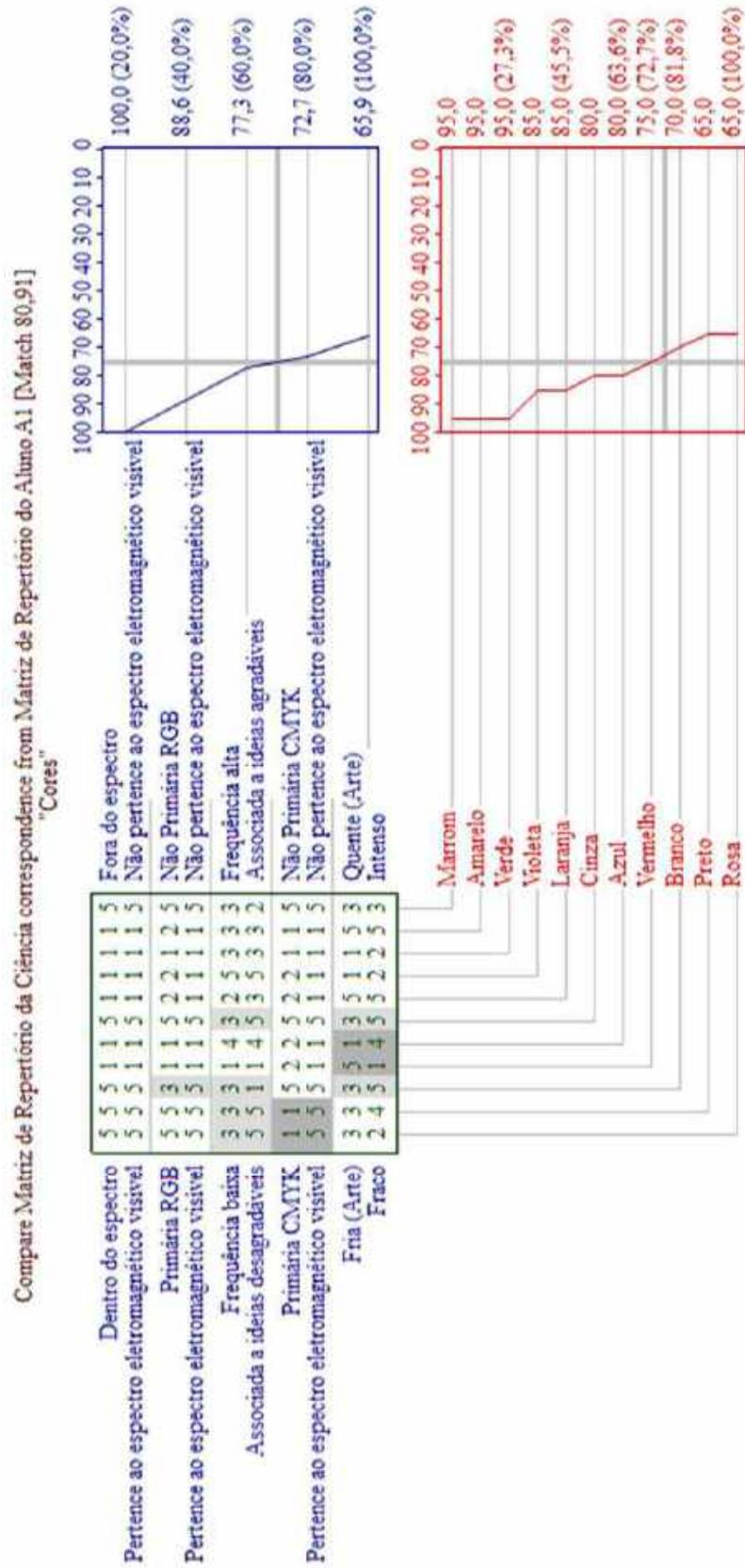
Na análise, o constructo “fraco ↔ intenso” do aluno A1 apresenta uma similaridade de 65,9% com o constructo “fria (Arte) ↔ quente (Arte)”. Essa similaridade de média a baixa mostra que o aluno apresenta uma estrutura de constructos bem compatível com a estrutura desejável em Ensino de Ciências. O conflito entre “quente ↔ frio” da ciência e o “quente ↔ frio” da Arte não parece estar presente, talvez, pela falta de um constructo fortemente idêntico ao constructo da Arte dentro da estrutura.

Figura 76 - AAH da MR do aluno A1.



Fonte: autor, com auxílio do *software* Rep Plus.

Figura 77 – Comparação do aluno A1 e o sistema científico de referência.



Fonte: autor, com auxílio do software Rep Plus.

6.4 Análise para o aluno A2

A MR construída pelo aluno A2 encontra-se reproduzida no Apêndice B. O Quadro 18 mostra os cinco constructos encontrados pelo aluno A2. A Figura 78 mostra o resultado da AAH aplicada àquela. Em termos de elementos, as cores, os agrupamentos não apresentaram fragmentação com relação ao constructo científico ‘pertence ao espectro ↔ não pertence ao espectro’. O grupo ‘branco’, ‘preto’ e ‘marrom’ aparece destacado, como esperado pelo sistema de construção da ciência. Outro grupo contém as principais cores do espectro eletromagnético apenas com o ‘amarelo’ e o ‘laranja’ um pouco afastados, mostrando fragmentação com relação ao constructo artístico ‘cor fria (Arte) ↔ cor quente (Arte)’. Notou-se a enorme similaridade (100%) entre amarelo e laranja para o entrevistado. O mesmo ocorreu entre o ‘verde’ e o ‘azul’.

Quadro 18 - Constructos do aluno A2.

Constructos	
Polo da semelhança	Polo do contraste
Apagado	Vivo
Sombrio	Harmonioso
Escuro	Claro
Não amarelado	Amarelado
Feminino	Masculino

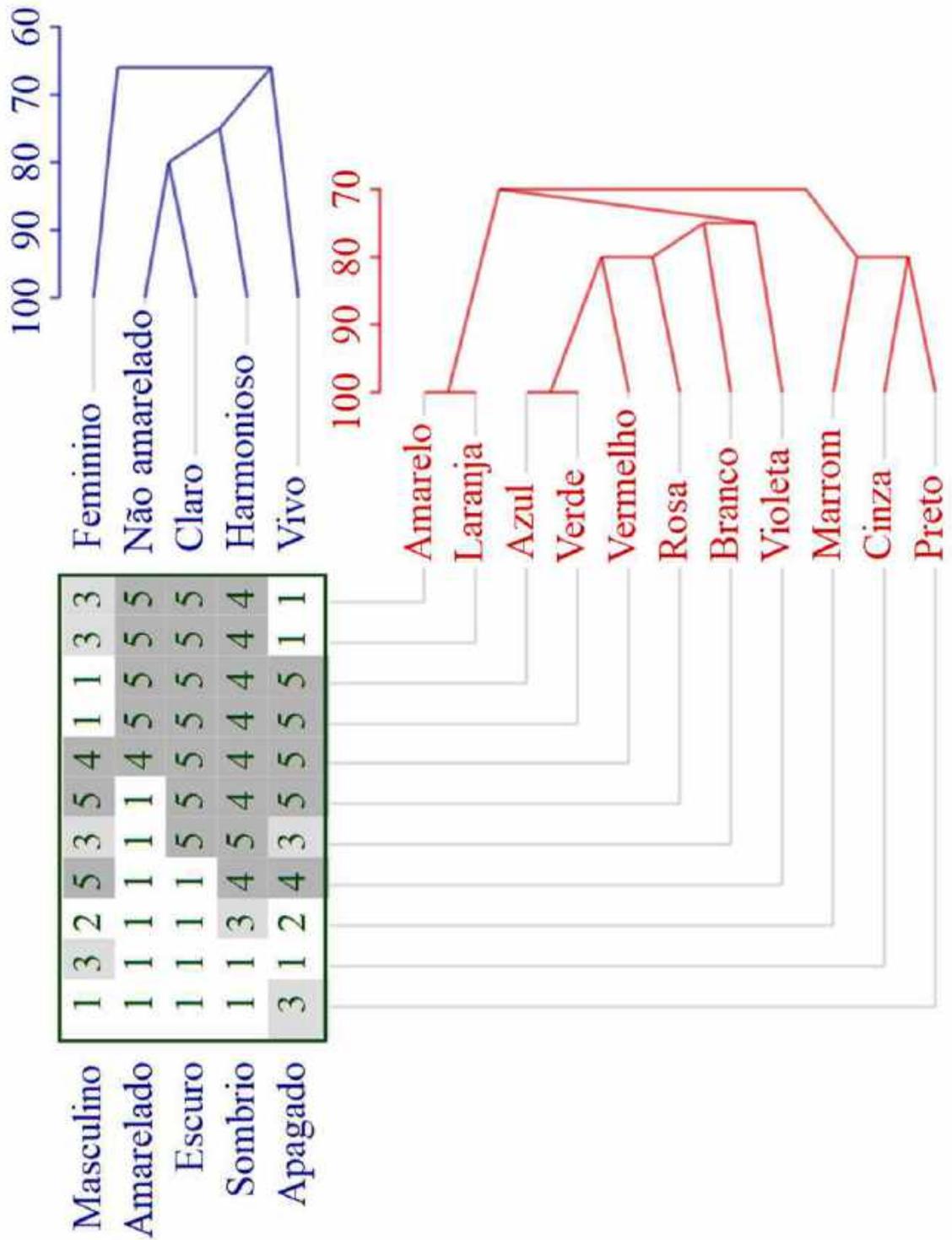
Fonte: autor.

Quadro 19 - Categorização dos constructos de A2.

Constructo	Constructo científico equivalente ou associado	Categoria
Apagado ↔ Vivo	Luminosidade baixa ↔ Luminosidade alta	Constructo impermeável Constructo proposicional
Sombrio ↔ Harmonioso		Constructo central Constructo proposicional
Escuro ↔ Claro	Luminosidade baixa ↔ Luminosidade alta	Constructo proposicional
Não-amarelado ↔ Amarelado		Constructo impermeável Constructo proposicional Constructo periférico
Feminino ↔ Masculino		Constructo central Constructo proposicional

Fonte: autor.

Figura 78 - AAH da MR do aluno A2.



Fonte: autor, com auxílio do *software* Rep IV.

Com relação aos constructos, apareceu um grupo significativo com ‘sombrio ↔ harmonioso’, ‘escuro ↔ claro’ e ‘não amarelado ↔ amarelado’. Pareceu haver um pouco de fragmentação pelo fato de ‘apagado ↔ vivo’ não estar mais próximo desse grupo. Os polos ‘sombrio’, ‘escuro’ e ‘apagado’ remeteram às mesmas ideias assim como os polos opostos: ‘harmonioso’, ‘claro’ e ‘vivo’. Pela distância do constructo ‘feminino ↔ masculino’ dos demais, provavelmente pode-se classificá-lo como um constructo periférico. Se o termo ‘amarelado’ for interpretado como contendo a cor-pigmento amarela, então os elementos ‘marrom’ e ‘preto’ deveriam estar no polo oposto em que o aluno A2 os colocou.

As categorias de constructos apresentadas são dos tipos: impermeável, central, proposicional e periférico.

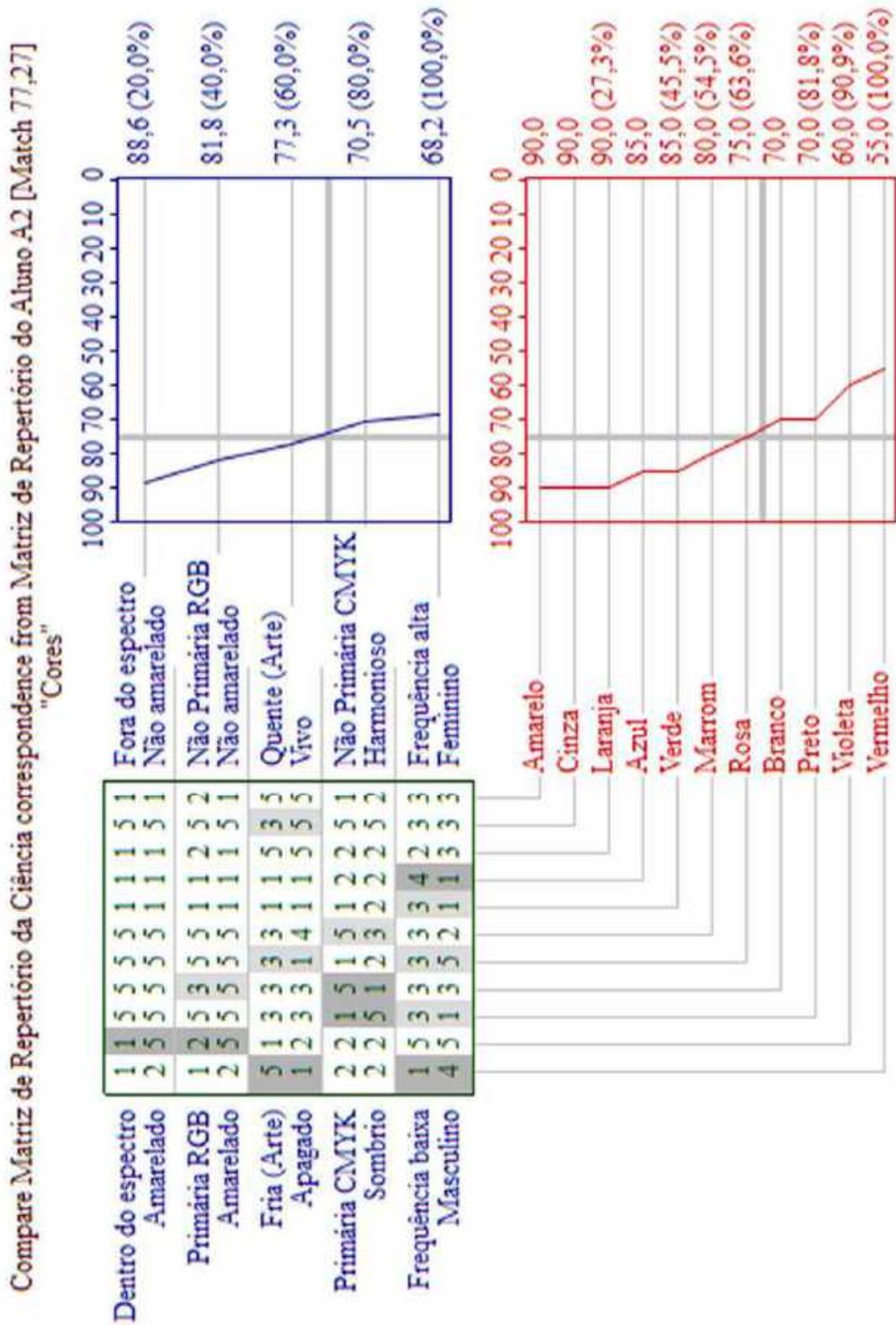
6.4.1 Comparação entre o sistema científico e o sistema do aluno A2

A Figura 79 apresenta uma comparação entre o sistema de constructos do aluno A2 e o sistema científico de referência.

Há menos similaridade entre o sistema científico de referência e o sistema do aluno A2 do que o apresentado pelo aluno A1. Os constructos mais próximos são ‘amarelado ↔ não amarelado’ e ‘dentro do espectro ↔ fora do espectro’, com similaridade de 88,6%.

Dentre os elementos, amarelo, cinza e laranja apresentaram similaridade de 90% na comparação entre os dois sistemas. Por outro lado, branco, preto, violeta e vermelho apresentaram similaridade menor do que 75%.

Figura 79 - Comparação do aluno A2 e o sistema científico de referência.



Fonte: autor, com auxílio do software Rep IV.

6.5 Análise para o aluno A3

A MR do aluno A3 encontra-se no Apêndice C. Este ator social teve muita dificuldade em preencher a MR. Só apresentou dois constructos. O constructo ‘preferida ↔ não-preferida’ foi evocado com uma tríade que não estava na lista de tríades previamente elaborada. Devido à dificuldade do aluno A3 de fornecer constructos para as tríades propostas, deixou-se que ele criasse uma tríade diferente das pré-determinadas. O Quadro 20 traz os dois constructos evocados por A3.

Quadro 20 - Constructos do aluno A3.

Constructos	
Polo da semelhança	Polo do contraste
Preferida	Não preferida
Tem gradação	Não tem gradação

Fonte: autor.

O Quadro 21 categoriza o constructo ‘preferida ↔ não-preferida’ como central. O constructo ‘tem gradação ↔ não tem gradação’ parece mais científico e técnico do que o outro constructo.

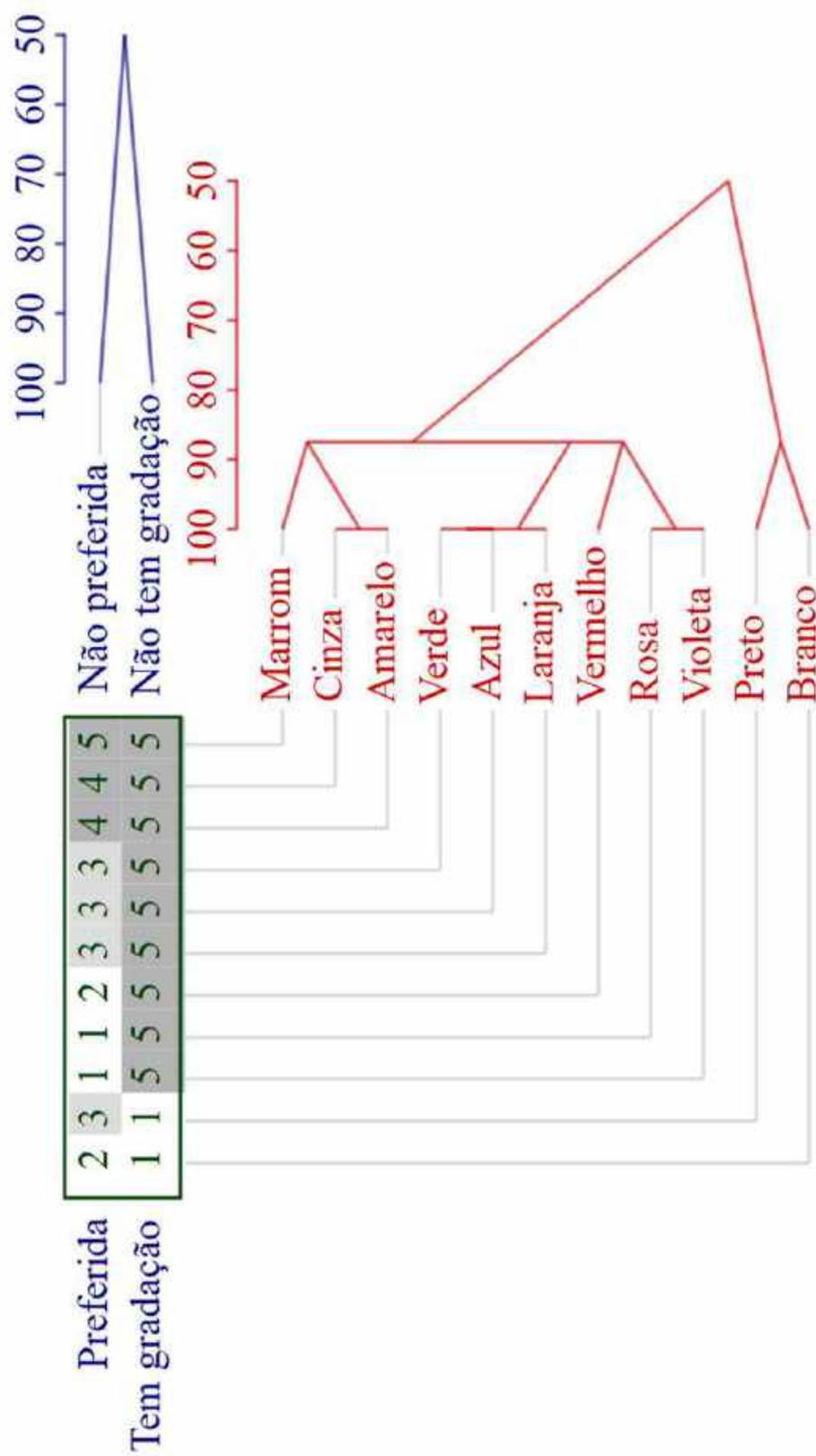
Quadro 21 - Categorização de constructos de A3.

Constructo	Constructo científico equivalente ou associado	Categoria
Preferida ↔ Não-preferida		Constructo central Constructo preemptivo
Tem gradação ↔ Não tem gradação	Luminosidade baixa ↔ Luminosidade alta	Constructo periférico Constructo proposicional

Fonte: autor.

Segundo os critérios da MR de referência, A3 apresenta grande fragmentação no sistema de constructos. Não faz diferença entre cores que são ou não do espectro eletromagnético e não separa cores frias das cores quentes. Uma explicação pode ser o fato de o constructo ‘preferida ↔ não-preferida’ ser, para o aluno A3, um constructo preemptivo. Ou seja, nada mais importa com relação às cores, exceto que seja de sua preferência ou não.

Figura 80 - AAH da MR do aluno A3.



Fonte: autor, com auxílio do *software* Rep Plus.

O fato do aluno A3 apresentar um sistema de constructos mais simples no critério de número de constructos com relação aos alunos A1 e A2 pode ser explicado pela existência do constructo preemptivo ‘preferida ↔ não preferida’, que inibiu todos os demais. Uma hipótese possível é que esse constructo tenha sido acionado como uma defesa da pessoa com relação ao entrevistador. O fato de o constructo ser central, além de preemptivo, corroboraria com essa ideia. O registro em áudio da entrevista mostra que o entrevistado manteve o tempo inteiro uma atitude bastante reservada com relação ao entrevistador.

Como dito anteriormente, do ponto de vista cognitivo, o preenchimento de uma MR é trabalhoso para o entrevistado e exige bastante dele. Por isso, a disponibilidade de participar da pesquisa é essencial. Os contatos prévios à entrevista são importantes para estabelecer um vínculo mínimo entre entrevistador e entrevistado. Pode ser que isso não tenha ocorrido a contento.

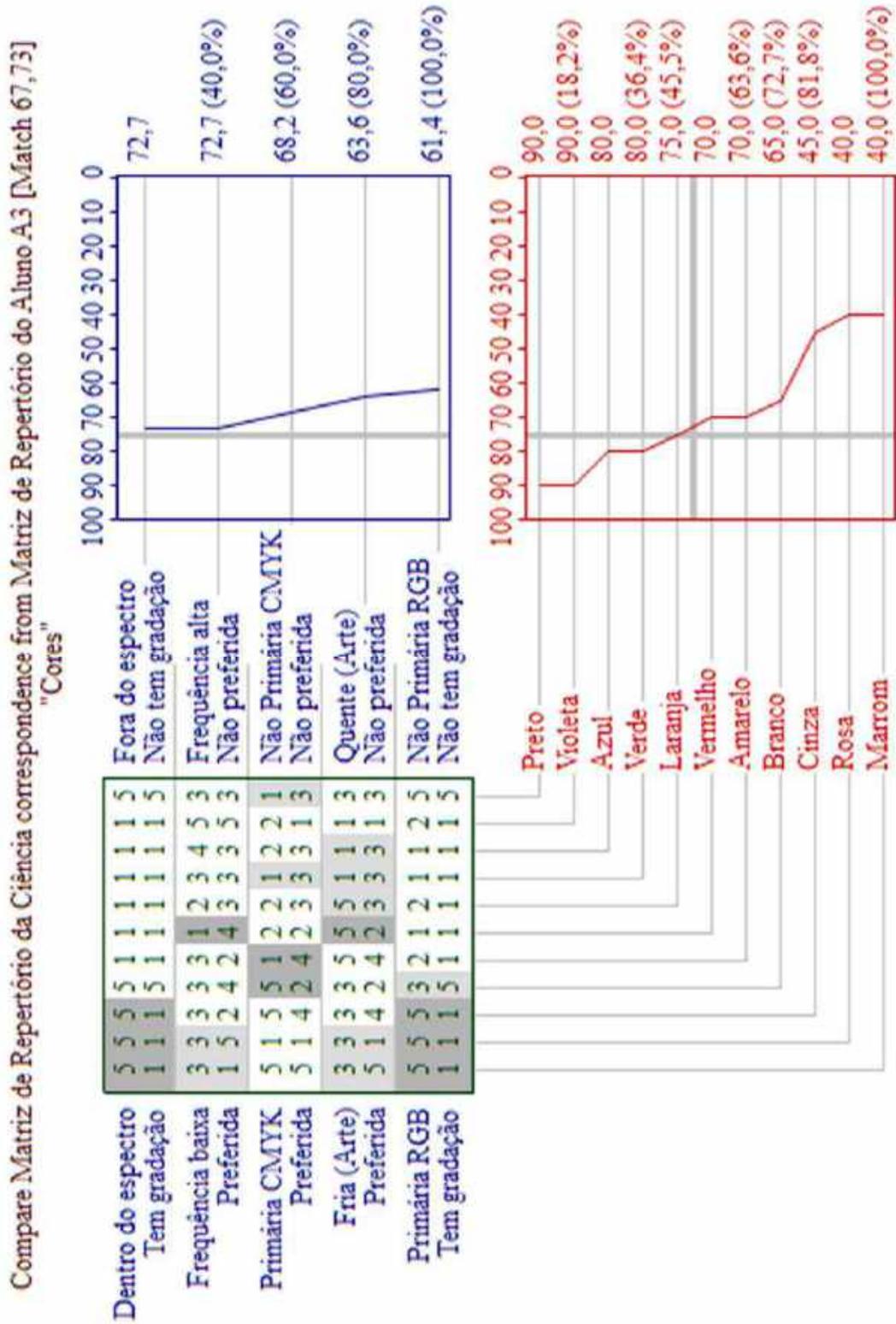
As categorias de constructos que emergiram são dos tipos: central, preemptivo, periférico e proposicional.

6.5.1 Comparação entre o sistema científico e o sistema do aluno A3

A Figura 81 mostra a comparação entre o sistema de constructos de A3 e o sistema de construção científico de referência.

A maior similaridade entre constructos de um sistema e de outro foi de apenas 72,7%, mostrando que A3 apresenta uma estrutura de constructos distante da estrutura de referência. Os elementos ‘preto’ e ‘violeta’ apresentaram similaridade de 90%, mas, em compensação, rosa e marrom aparecem com apenas 40% de similaridade. Essa dispersão pode ser explicada pelo baixo número de constructos explicitados pelo ator social.

Figura 81 - Comparação do aluno A3 e o sistema científico de referência.



Fonte: autor, com auxílio do software Rep Plus.

6.6 Análise geral das matrizes de repertório

O sistema de constructos do aluno A1 parece ser o mais próximo do sistema científico de referência da ciência. Em segundo lugar nesse quesito, aparece o aluno A2. O aluno A3 apresentou o sistema de constructos mais distante do sistema de referência. Deve-se recordar que os alunos A1 e A2 estudaram na escola desde o sexto ano do Ensino Fundamental, mas que A3 só entrou na escola no ano anterior à da entrevista.

Além disso, A3 apresentou muita dificuldade para dar constructos para as tríades apresentadas e criou um constructo a partir de uma tríade não selecionada, para fazer parte da entrevista padrão.

As entrevistas para elucidação de constructos e construção de MRs são reconhecidamente cansativas, pois exigem trabalho cognitivo intenso. Não chega a ser surpreendente a dificuldade encontrada por A3 na atividade.

Na próxima seção, apresentam-se os resultados da análise do livro didático.

6.7 Análise do livro didático

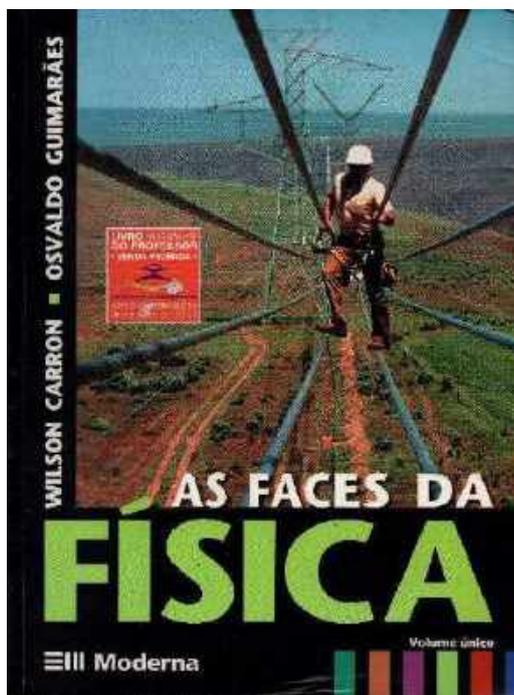
Nessa seção, muda-se um pouco o enfoque e se desloca a atenção para a análise de um texto. Essa parte complementa a parte anterior, pois estuda-se o livro didático de Física usado pelos atores sociais entrevistados.

A obra analisada foi a terceira edição de *As Faces da Física*, de Wilson Carron e Osvaldo Guimarães, da Editora Moderna, de 2006 (Figura 82), um volume único para o Ensino Médio.

As seguintes seções do livro didático formaram o *corpus* da análise:

- ‘A cor de um corpo’, do capítulo ‘conceitos básicos de Óptica Geométrica’.
- ‘A composição das cores’, do capítulo ‘conceitos básicos de Óptica Geométrica’.
- ‘Índice de refração’, do capítulo ‘refração luminosa’.
- ‘Dispersão luminosa’, do capítulo ‘refração luminosa’.
- ‘Astigmatismo, estrabismo e daltonismo’, do capítulo ‘instrumentos ópticos’.

Figura 82 - Capa da obra analisada.



Fonte: Editora Moderna (2006).

Na próxima seção analisa-se a questão das sete cores na decomposição da luz branca no livro didático. Como dito na metodologia, a presença de menção às sete cores é um indício forte de uma abordagem clássica de cores, onde se considera a cor como associada apenas à luz. Uma visão simplista sobre cor.

6.7.1 As sete cores do arco-íris

Em seções anteriores, em especial no capítulo sobre cores, viu-se que, cientificamente, não se recomenda dizer que há sete cores na decomposição da luz branca solar. Ao explicar a figura referente a [FI-351a]Cs, os autores escrevem:

À luz do Sol, os objetos se apresentam nas mais variadas cores: azul, vermelho, verde etc. (figura 18). Mas como isso acontece, se todos são iluminados com a mesma radiação solar?

Em primeiro lugar, é preciso entender que a luz branca (branco-amarelado) que recebemos do Sol não é uma radiação monocromática, ou seja, não é constituída por um único tipo de radiação. A luz emitida pelo Sol é policromática (composta de várias radiações). As cores que compõem a luz branca solar são sete: vermelho, laranja, amarelo, verde, azul, anil e violeta ([TX-1a]Cs a [TX-2c]Cs).

Portanto, a última afirmação deve ser considerada algo a ser corrigido.

Figura 83 - Figura referente a [FI-351a]Cs.



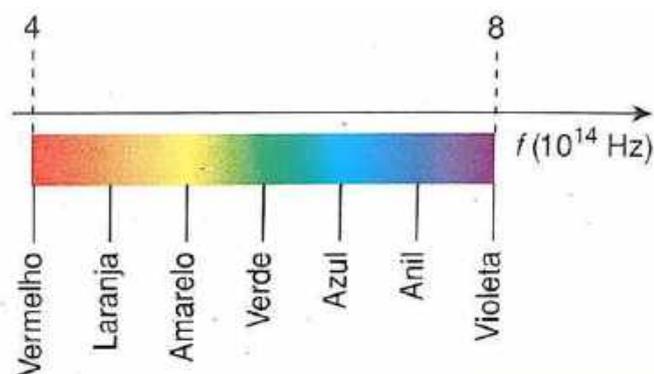
Fonte: Carron e Guimarães (2006).

Os autores continuam:

Essas sete cores compõem o espectro de luz visível e estão compreendidas entre as frequências de $4 \cdot 10^{14}$ Hz, para o vermelho, e $8 \cdot 10^{14}$ Hz, para o violeta, ambos valores aproximados, conforme mostra a figura 19 ([TX-3a]Ca).

A referida “figura 19” é a codificada como [FI-351b]Cs (Figura 84). O conjunto de explicações dadas pelo texto e pela figura é confuso porque, de acordo com ele, cor seria uma faixa de frequências. A categoria teórica “conceitualização simples” da ciência, entretanto, considera cada frequência uma cor e o espectro com infinitas cores. Por isso, consideraram-se esses textos como pertencentes a uma categoria empírica que se denominou “conceitualização alternativa” (Ca).

Figura 84 - Figura referente a [FI-351b]Ca.



Fonte: Carron e Guimarães (2006).

Na seção do livro didático sobre índice de refração, encontra-se uma tabela, tratada aqui como figura (Figura 85), e que apresenta os índices de refração para diferentes cores. Nota-se a ausência da cor ‘anil’. A legenda da tabela diz “algumas cores”. Pode-se entender que só falta o anil.

Figura 85 - Figura referente a [FI-]Cs.

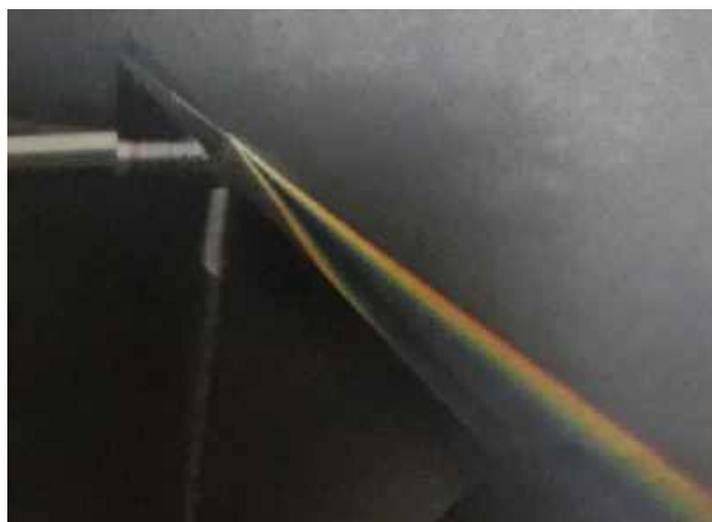
Tabela 2. Índice de refração do vidro Crown para algumas cores.

Cor	n
Violeta	1,532
Azul	1,528
Verde	1,519
Amarelo	1,517
Laranja	1,514
Vermelho	1,513

Fonte: Carron e Guimarães (2006).

Na seção sobre dispersão luminosa, encontram-se duas figuras que pertencem a teorias de decomposição da luz branca diferentes. A primeira é uma fotografia (Figura 86).

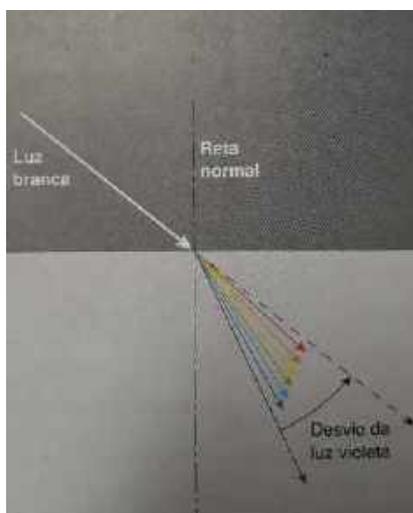
Figura 86 - Figura referente a [FI-398a]Cs.



Fonte: Carron e Guimarães (2006).

A segunda é um desenho (Figura 87).

Figura 87 - Figura referente a [FI-398b]Ca.



Fonte: Carron e Guimarães (2006).

A fotografia [FI-398a]Cs mostra um raio de luz branca se decompondo em infinitas cores. O desenho [FI-398b]Ca mostra se decompondo apenas em raios de sete cores. O texto [TX-21a]Cs diz que “A cada radiação (cor) componente da luz branca está associada uma certa frequência”, mas não afirma que são infinitas frequências e, portanto, infinitas cores.

Não há nenhuma menção ao experimento de Newton com a decomposição da luz branca solar e, portanto, nenhum indício da origem das sete cores da decomposição. A informação é dada como se fosse fato inconteste, ignorando-se, por exemplo, que os gregos antigos viam menos cores e que, até hoje, há vários questionamentos a essa contagem de cores no espectro.

Na próxima seção, analisa-se como a cor dos corpos são tratados na obra.

6.7.2 Cor de um corpo

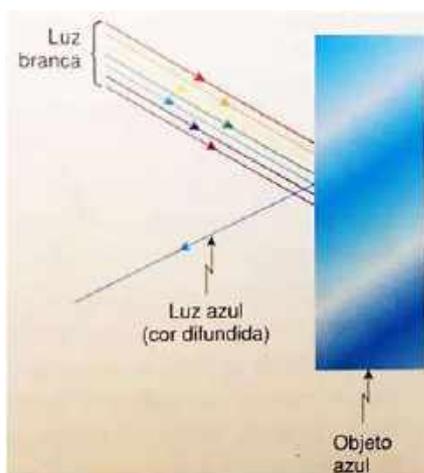
Parte da explicação sobre a cor de um corpo é:

Se um objeto iluminado pela luz branca solar refletir difusamente apenas a componente verde, ele será visto por nós na cor verde; se refletir somente o azul, será visto na cor azul (figura 20), e assim por diante ([TX-5b]Cs).

Um problema desse trecho é a repetição da ideia das sete cores do arco-íris na “figura 20”, com código [FI-351c]Po. Outro problema é o surgimento de outra concepção de

cor: como propriedade do objeto (Po), ao se escrever “objeto azul” em [FI-351c]Po (Figura 88). É contraditório com o trecho em [TX-6a]Cc, que afirma que a cor de um corpo sofre influência de vários fatores, inclusive da sensibilidade visual do indivíduo. Se a cor é uma propriedade do objeto, não varia com os fatores externos.

Figura 88 - Figura referente ao código [FI-351c]Po.



Fonte: Carron e Guimarães (2006).

Na próxima seção, relatam-se algumas fragmentações encontradas no texto analisado.

6.7.3 Fragmentações

Na seção “Física do cotidiano” intitulada de “A composição das cores”, encontram-se elementos de conflito entre, pelo menos, duas teorias diferentes de cores.

No trecho [TX-7a]Cc a [TX-7c]Cc apresenta-se o que se denominou de “conceituação complexa”:

Quando ouvimos uma orquestra, podemos discernir nitidamente os violinos, o piano, o contrabaixo, os instrumentos de percussão e outros. Com a nossa visão isso não ocorre. Quando recebemos radiações diferentes em um mesmo ponto da retina, nossa sensação não é múltipla, mas sim correspondente a uma determinada cor. Assim sendo, todo processo relativo às cores envolve aspectos subjetivos.

Entretanto, em um trecho seguinte, dá-se uma explicação que retorna à conceituação alternativa de faixa de cores: “Podemos dividir toda radiação solar recebida em três regiões,

sendo que o resultado de cada região vai corresponder a uma determinada cor, conforme mostra a figura A” [TX-10a]Ca. A “figura A” é a codificada como [FI-352a]Ca (Figura 89).

Figura 89 - Figura referente ao código [FI-352a]Ca.



Fonte: Carron e Guimarães (2006).

Essa explicação é estranha porque dá a impressão de que se vê vermelho quando os olhos de alguém captam qualquer frequência na faixa corresponde e indicada em [FI-352a]Ca (Figura 89). A mesma asserção é feita para as faixas associadas ao verde e ao azul. O absurdo da afirmação é que a própria figura mostra que isso não é verdade! Das explicações dadas precedentemente pelos autores, por exemplo, se algo é laranja, iluminado por luz solar branca, é porque reflete luz laranja. Na figura dada, é possível ver os laranjas, os amarelos e os violetas, embora a explicação diga que se enxerga apenas vermelho, verde e azul, respectivamente.

Em [TX-11a]Cs, faz-se referência a um retroprojektor em [FI-352b]Cs (Figura 90): “Alguns retroprojetores também fazem uso dessa composição (figura B)”. O problema é que, tecnologicamente, o retroprojektor retratado não faz uso da composição aditiva RGB. Pela figura fornecida, parece mais uma ilustração de um experimento didático utilizado para explicar a composição aditiva RGB, ao estilo do sugerido no trabalho de Andrade (2005), onde se utiliza a luz projetada pelo retroprojektor que passa por filtros coloridos para ensinar a compor luzes coloridas.

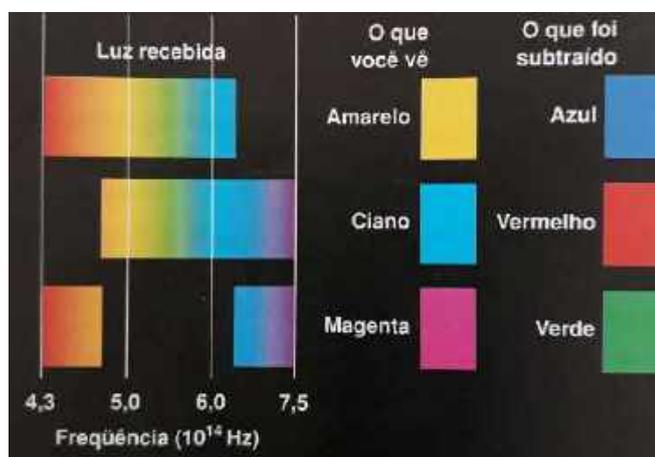
Figura 90 - Figura referente a [FI-352b]Cs.



Fonte: Carron e Guimarães (2006).

A explicação sobre o sistema subtrativo CMYK também utiliza a ideia de faixas de cores. A imagem [FI-353a]Ca (Figura 91) pode conduzir igualmente a compreensões incorretas.

Figura 91 - Figura correspondente a [FI-353a]Ca.



Fonte: Carron e Guimarães (2006).

Não há nenhuma explicação do porquê de as cores primárias serem vermelho, azul e verde e não há associação alguma com o sistema tricromático de visão humana, nem com os cones da retina humana.

A ilustração [FI-352a]Ca (Figura 89) mostra que o branco é obtido com todo o espectro. Já a ilustração [FI-352b]Cs (Figura 90) e o trecho de [TX-9a]Cc a [TX-9b]Cc admitem que o branco pode ser obtido com três cores. Os textos em [TX-19a]Cs e [TX-19b]Cs afirmam que pode ser obtido com apenas duas cores complementares. Tudo isso é cientificamente

verdadeiro, mas, na obra analisada, as explicações fragmentam-se em teorias distintas, uma para cada uma dessas composições.

Na próxima seção, resumem-se as observações sobre o livro didático analisado.

6.7.4 Observações gerais sobre o livro didático

Nota-se que há diferentes teorias para explicar cor e decomposição da luz. Em alguns momentos, a cor é associada à frequência da luz, a uma faixa de frequências ou a uma das sete cores do arco-íris de Newton. As teorias de cor oscilam entre duas teorias básicas: a de interação simples com a matéria e uma mais complexa que leva o sujeito em consideração, como no trecho [TX-12a]Cc: “É interessante destacar que essa composição aditiva é na verdade subjetiva”.

Há ausência de uma abordagem biofísica mesmo no trecho em que se mencionam os cones da retina para explicar o daltonismo. Não há conexão entre as composições RGB e CMYK com a visão de cores humana. Os autores escrevem:

Finalmente, vejamos o daltonismo. A retina humana dispõe de células fotossensíveis, os cones e os bastonetes. Os cones são os responsáveis pela nossa visão em cores; já os bastonetes são mais sensíveis à luz, embora não às cores. Pelo fato de os bastonetes serem mais abundantes na região periférica da retina, eles se prestam mais à percepção de vultos e figuras pouco iluminadas, fora de nosso foco central de visão. A ausência de certos tipos de cones, determinada por características genéticas, acarreta a falta de percepção de algumas cores, algumas vezes todas. A cor para a qual o daltônico não possui percepção é interpretada por ele como apenas mais um tom de cinza ([TX-24a]Cs a [TX-25b]Cs).

É curioso que os autores sequer tenham mencionado que há três tipos de cones. O termo que usam é “ausência de certos tipos de cones”. Esse trecho foi categorizado como de conceituação simples por não utilizar o conhecimento de biologia para discutir a questão física das cores.

Percebe-se que há problemas na transformação do saber sábio para o saber a ser ensinado. Talvez uma análise complementada pela Teoria da Transposição Didática desse maiores informações sobre alguns dos fenômenos observados, mas isso sairia do escopo da presente investigação.

As categorias encontradas foram as teóricas, Conceituação Simples (Cs) e Conceituação Complexa (Cc), e as empíricas Propriedade do Objeto (Po) e Conceituação Alternativa (Ca).

6.8 Possibilidades futuras

O presente trabalho propôs a inversão da metáfora homem-cientista da TCP. Segundo essa inversão, a ciência e os cientistas possuem sistemas de constructos similares ao homem comum. Sugeriu-se que esse sistema de construção científico sempre seja elucidado antes de se fazerem análises, principalmente a respeito de fragmentações. O sistema de constructos científicos – a matriz de repertório de referência – serviu de parâmetro para determinar que sistemas estudados se apresentam fragmentados e sob que aspectos.

Ao se fazer isso para o caso das cores, encontrou-se que os sistemas de constructos relacionados a elas deveriam ser considerados fragmentados se não apresentassem agrupamentos entre cores do espectro e cores fora dele e entre as cores quentes e frias da Arte. Dos três estudantes do Ensino Médio investigados, dois apresentaram fragmentação com relação às cores frias e quentes e um apresentou fragmentações nos dois aspectos estudados.

Mesmo que a pessoa investigada apresente constructos aparentemente idênticos aos constructos científicos, é necessário ter segurança de que as construções feitas são semelhantes. Deve-se lembrar que o Corolário da Comunalidade afirma que não são os eventos que determinam a igualdade e, sim, as construções feitas. Com relação ao termo utilizado, deve-se recordar ainda do Corolário da Individualidade que garante que os constructos são pessoais. Os termos podem estar sendo usados em um sentido distinto, como no constructo ‘frio ↔ quente’ e que na Ciência e na Arte são inconsistentes.

Sobre o livro didático analisado, recomenda-se que seja revisado de modo a explicar melhor determinados aspectos e que algumas figuras sejam refeitas, tais como as que explicam a composição de cores nos sistemas RGB e CMYK. De modo geral, para o Ensino de Física, parece recomendável uma abordagem complexa a respeito das cores, que leve em consideração, no mínimo, a Biologia conjuntamente com a Física. Nenhuma compreensão plausível sobre cores pode ser concretizada sem entender o mecanismo tricromático (ou até tetracromático) da visão humana.

Há uma fragmentação a ser tratada na própria investigação. Se os constructos são pessoais e os conceitos têm caráter universal, o que acontece quando se estudam constructos a respeito de um conceito? Como pode ser visto, se o sistema de constructos é eficiente para a pessoa realizar antecipações e se a Ciência também o é para dar conta do que ocorre no mundo, deve-se esperar que certos aspectos em um reflitam em outro, mesmo que sejam apenas nas macroestruturas. Segundo Kelly (1955; Anexo B), as fragmentações ocorrem nos subsistemas,

mas não ocorre no sistema maior. Precisa haver consistência no sistema que envolve os constructos mais superordenados e centrais, como garante o Corolário da Modulação.

Nota-se como é fundamental que o pesquisador esteja atento ao Corolário da Socialidade e tente reconstruir o sistema de construção do entrevistado.

Apesar de o presente trabalho ter sido exploratório, ele introduziu várias perspectivas que podem ser interessantes principalmente para o Ensino de Ciências. A primeira delas é que MR com AAH podem detectar indícios de fragmentações em sistemas de constructos com relação às cores. Mesmo que essa análise não dê conta de destacar os motivos das fragmentações, pode ser utilizada como ponto de partida no estudo delas. Hipóteses como a influência dos livros didáticos nessas fragmentações podem gerar novas pesquisas.

Uma das hipóteses a ser levantada é que a fragmentação detectada para as cores frias e quentes da Arte possam vir a se tornar um obstáculo epistemológico para a aprendizagem de conceitos como a da temperatura de radiação térmica. Isso precisaria ser verificado. Ou seja, é necessário investigar, após a detecção de fragmentações desse tipo, se esses estudantes apresentam ou não dificuldade para apreender a noção de ‘cor quente’ e de ‘cor fria’ da Física.

Levanta-se outra questão importante: é papel dos educadores em ciência, sob a perspectiva da TCP, aproximar os sistemas de constructos pessoais dos estudantes e o sistema de construção da ciência, no sentido de desfragmentar o que está fragmentado? E se for esse o caso, isso pode ser feito tendo em mente o Corolário da Socialidade? Que estratégias devem ser usadas? Sem dúvida, a análise desenvolvida pelo presente trabalho seria essencial para acompanhar esse processo de desfragmentação.

No campo teórico, como as interações entre os pensamentos vygotskyano e kellyano parecem nunca ter sido investigados, seria algo interessante a ser feito. Por exemplo, historicamente, que tipo de influência sobre o pensamento kellyano teve o livro “Pensamento e linguagem”, de Vygotsky? Qual a opinião de Kelly a respeito da mediação simbólica vygotskyana? Ou, ao contrário, que tipo de opinião, dúvidas e críticas Luria expressou ao assistir a palestra de Kelly em Moscou? Questões para serem investigadas.

Mais outras perguntas surgem. A metáfora do homem-cientista, mesmo na sua versão direta, traz todas as discussões da Filosofia da Ciência para a TCP? Hipóteses não falseáveis da ciência seriam representados por constructos impermeáveis no sistema de constructos de uma pessoa?

Em que momento ocorre a reconstrução do sistema de constructos e de que forma? Kelly (1955) nunca falou no CEK de forma explícita como é apresentado no diagrama da Figura 49 (p. 65), mas falou de outros dois ciclos: o ciclo circunspecção-preempção-controle (ciclo CPC)

e o ciclo da criatividade. O ciclo CPC é aquele que envolve as etapas do processo de decisão e o ciclo da criatividade é responsável pela criação de novos constructos.

Um dos critérios de uma boa teoria científica é sua fertilidade na produção de novas ideias. Deve levar à formulação de hipóteses; deve provocar experimentos; e deve inspirar invenção. No campo da psicologia, uma boa teoria deve sugerir previsões sobre o comportamento das pessoas em uma ampla gama de circunstâncias. Deve levar a uma extensa pesquisa psicológica para determinar se essas previsões podem ou não ser substanciadas. Deveria também incentivar a invenção de novas abordagens para a solução dos problemas do homem e de sua sociedade (KELLY, 1955, p. 24, trad. livre).

Esta dissertação mostrou que a TCP ainda tem muito a oferecer em termos de investigações a serem feitas. Tanto no campo teórico, como no prático. Com este trabalho, espera-se ter contribuído para despertar o interesse de outros pesquisadores por questões tão instigantes quanto a da fragmentação em sistemas de constructos a respeito do conceito de cor.

Na próxima seção, fazem-se as considerações finais.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Embora ninguém possa voltar atrás e fazer um novo começo, qualquer um pode começar agora e fazer um novo fim.
(Hammed, através do médium Francisco do Espírito Santo Neto)

Figura 92 - O Juízo Final, de Michelangelo, 1536-1541.



Fonte: Infoescola (2020).

A figura e o texto do capítulo têm como tema os fins. Nos dois casos, os fins também são (novos) começos. O afresco Juízo Final de Michelângelo, pintado na parede do altar da Capela Sistina, retrata o momento em que a vida acaba para começar de novo. Para os católicos, o Juízo Final não é o fim, mas um reinício. Do mesmo modo, o texto ditado ao médium fala de novos inícios e novos fins. Assim também é a conclusão de um trabalho igual a esse: é a partida para uma nova fase.

Todo fim é um novo começo. Ou vários.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, Cláudia Teresinha Jraige de. *Luz e cores: uma proposta interdisciplinar no Ensino Fundamental*. Dissertação de mestrado (Mestrado Profissionalizante em Ensino de Física). Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2005.
- ANGELO, Cláudio. Tribo do Amazonas causa guerra na linguística. *Folha de São Paulo Online*. Publicado em: 16 abr. 2007. Disponível em: <http://www1.folha.uol.com.br/folha/ciencia/ult306u16297.shtml>. Acesso em: 11 jan. 2020.
- ARISTÓTELES. *Meteorologica*. Trad. para o inglês: H. D. P. Lee. Estados Unidos, Cambridge: Harvard University Press; Reino Unido, Londres: William Heinemann Ltd., 1952.
- BACHELARD, Gaston. *A formação do espírito científico: contribuição para uma psicanálise do conhecimento*. Trad. Estela dos Santos Abreu. 7. reimpressão. Rio de Janeiro: Contraponto, 2007.
- BANNISTER, Don; FRANSELLA, Fay. *Inquiring man: the theory of personal constructs*. Middlesex, Inglaterra: Penguin Books, 1971.
- BALL, Phillip. *Bright Earth: art and the invention of color*. Grã-Bretanha: Penguin, 2001.
- BARDIN, Laurence. *Análise de Conteúdo*. São Paulo: Edições 70, 2016.
- BASTOS, Heloisa F. B. N. *Changing teachers' practice: towards a constructivist methodology of physics teaching*. Tese (Doutorado em Ensino de Física). University of Surrey, Inglaterra, 1992. 420 p.
- BELL, Richard C. The repertory grid technique. In: FRANSELLA, Fay (Editora). *International handbook of personal construct psychology*. Cap. 9. Chichester, Inglaterra: John Wiley & Sons, 2003. p. 95-103.
- BÔAS, Newton Villas; DOCA, Ricardo Helou; BISCUOLA, Gualter José. *Tópicos de Física: terminologia, ondulatória, óptica*. 18. ed. reformulada. São Paulo: Saraiva, 2007.
- BOEREE, C. George. *George Kelly*. 2006. Disponível em: http://www.social-psychology.de/do/pt_kelly.pdf. Acesso em: 11 jan. 2020.
- BOLDRINI, José Luiz. *Álgebra linear*. 3. ed. Ampliada e revista. São Paulo: Harper & Row do Brasil, 1980.
- BONCI, Daniela Maria Oliveira et al. The genetics of New World monkey visual pigments. *Psychology & Neuroscience*, v. 6, n. 2, 2013. p. 133-144. Disponível em:

https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-32882013000200002. Acesso em: 21 jan. 2021.

BORKENHAGEN, Ada et al. Differences in body image between anorexics and in-vitro-fertilization patients: a study with Body Grid. *GMS Psycho-Social-Medicine*. 2005, v. 2, ISSN 1860-5214. Disponível em: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC2736489/pdf/PSM-02-10.pdf>. Acesso em: 17 fev. 2010.

BRAGA, Marco; GUERRA, Andreia; REIS, José Cláudio. *Breve história da ciência moderna: das máquinas do mundo ao universo-máquina*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2004.

BRASIL. *Manual de comunicação da Secom: Siglas*. Distrito Federal: Senado Federal, 2016. Disponível em: <https://www12.senado.leg.br/manualdecomunicacao/redacao-e-estilo/estilo/siglas>. Publicado em: 14 fev.2013. Atualizado em: 10 maio 2016. Acesso em: 30 maio 2020.

BROWN, Kathryn. Tecnologias para sentir. *Viver mente e cérebro*. Ed. especial n. 12 (Segredos dos sentidos: como o cérebro decifra o mundo ao redor). São Paulo: Duetto, [200-]. p. 16-23.

CABRAL, Fernando; LAGO, Alexandre. *Física 2: edição 2004: exercícios reformulados*. São Paulo: Harbra, 2004.

CHALMERS, Alan Francis. *O que é ciência afinal?* Trad. Raul Fiker. São Paulo: Brasiliense, 1993.

CHARMAN, William Neil. Optics of the eye. In.: *Handbook of optics: fundamentals, techniques and design*. 2. ed. Nova Iorque: McGraw-Hill, 1995. p. 24.1-24.53.

CHARLES, Vitoria et al. (Org.). *1000 obras-primas da pintura*. Trad. Eneida Vieira Santos, Jefferson Luiz Camargo, Marcelo Brandão Cippola. São Paulo: Martins Fontes, 2007.

CHIARI, Gabriele. *George A. Kelly and his Personal Construct Theory*. Itália: The George Kelly Society; iBook Store, 2017.

CLONINGER, Susan C. *Teorias da personalidade*. Trad. Claudia Berliner. São Paulo: Martins Fontes, 2003.

COHEN, Jonathan. Color relationalism and color phenomenology. In: NANAY, Bence (Org.). *Perceiving the World*. Oxford, Reino Unido: Oxford University Press, 2010. p. 13-32.

CORMEN, Thomas H. et al. *Algoritmos: teoria e prática*. Trad. da segunda edição americana: Vanderberg D. de Souza. Rio de Janeiro: Elsevier, 2002.

COSTA, Rodrigo Ronelli D. da; NASCIMENTO, Robson S. do; GERMANO, Marcelo Gomes. Salvador Dalí e a mecânica quântica. *Física na Escola*, v. 8, n. 2, p. 23-26, 2007.

CROWELL, Benjamin. *Conceptual physics*. Livro eletrônico gratuito. Disponível em: <http://www.lightandmatter.com/>. Acesso em: 11 jan. 2020.

DANTE, Luiz Roberto. *Matemática: contexto e aplicações*. Vol. único. 3. ed. 2. imp. São Paulo: Ática, 2009.

DOWMAN, Mike. Explaining color term typology with an evolutionary model. *Cognitive science*. n. 31. 2007. p. 99-132. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/21635289/>. Acesso em: 21 jan. 2021.

EISBERG, Robert; RESNICK, Robert. *Física quântica*. Trad. Paulo Costa Ribeiro, Enio Frota da Silveira de Marta Feijó Barroso. 21. reimpressão. Rio de Janeiro: Elsevier, 1979.

ESTADÃO. *Manual de redação: esclareça as duas dúvidas: abreviaturas*. Disponível em: <https://www.estadao.com.br/manualredacao/esclareca/abreviaturas>. Acesso em: 30 maio 2020.

EVERETT, Daniel L. Cultural constraints on Grammar and cognition in pirahã. *Current anthropology*, v. 46, n. 4, ago-out, p. 621-646, 2005. Disponível em: [215991936_Cultural_Constraints_on_Grammar_and_Cognition_in_Piraha_Another_Look_at_the_Design_Features_of_Human_Language](https://doi.org/10.1086/509136). Acesso em: 21 jan. 2021.

FEIXAS, Guillem; PIZZONIA, Gloria; DADA, Gloria. Sistema di categorie di contenuto dei contrutti personali: la versione in italiano. *Revista Cognitivismo Clinico*, v. 7, n. 2, 2010. p. 191-204. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/215644399_Sistema_di_Categorie_di_Contenuto_dei_Costrutti_Personali_La_versione_in_italiano. Acesso em: 21 jan. 2021.

FERNANDES, Eugénia M. Grelha de repertório. In: FERNANDES, Eugénia M.; ALMEIDA Leandro S., ed. lit. - *Métodos e técnicas de avaliação: contributos para a prática e investigação psicológicas*. Braga: Universidade do Minho. Centro de Estudos em Educação e Psicologia, 2001. ISBN 972-8098-98-7. Disponível em: repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4210. Acesso em: 2 fev. 2020. p. 77-107.

FERNANDES SOBRINHO, Marcos; CARNEIRO, Maria Helena da Silva. Newton e a decomposição da luz solar em um prisma: o que trazem os livros de Ensino Médio? *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, v. 5, n. 2, 2014. p. 35-55. Disponível em: <http://revistapos.cruzeirodosul.edu.br/index.php/rencima/article/view/894>. Acesso em: 21 jan. 2021.

FERREIRA, Nélio Oliveira. *Utilizando o Ciclo da Experiência de Kelly para investigar a compreensão do comportamento dual da luz*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade Federal Rural de Pernambuco: Recife, 2005. 150 p.

FOUREZ, Gérard. *A construção das ciências: introdução à filosofia e à ética das ciências*. Trad. de Luiz Paulo Rouanet. São Paulo: Editora da Universidade Estadual Paulista, 1995.

FRANSELLA, Fay (Editor). *International handbook of personal construct psychology*. Chichester, Inglaterra: John Wiley & Sons Ltda, 2003.

FRANSELLA, Fay; BELL, Richard; BANNISTER, Don. *A manual for repertory grid technique*. 2. ed. Chichester, Inglaterra: John Wiley & Sons Ltd., 2004.

FRANSELLA, Fay; NEIMEYER, Robert A. George Alexander Kelly: the man and his theory. In: FRANSELLA, Fay (Editora). *International handbook of personal construct psychology*. Cap. 2. Chichester, Inglaterra: John Wiley & Sons, 2003. p. 21-32.

FRUTO DE ARTE. *Guache TGA 05 cores*. Disponível em: <<http://www.frutodearte.com.br>>. Acesso em: 25 jul. 2010.

GAINES, Brian R.; SHAW, Mildred L. G. *Rep IV: manual for personal version 1.10*. Cobble Hill, Canadá: Centre for person-computer studies, 2005.

GARGALLO, Bernardo; CÁNOVAS, Paz. A construção humana através da elaboração das construções pessoais: G. A. Kelly. In: MINGUET, Pilar Aznar (Org.). *A construção do conhecimento na educação*. Trad. Juan Acuña Llorens. Porto Alegre: ArtMed, 1998. Cap. 8; p. 147-173.

GASPAR, Alberto. *Física: onda, óptica, termodinâmica*. São Paulo: Ática, 2005.

GASPAR, Alberto. *Compreendendo a Física: ondas, óptica e termodinâmica*. São Paulo: Ática: 2017.

GRANDES MESTRES DA PINTURA. São Paulo: Folha de São Paulo, 2008. (20 v.).

GOETHE, Johann Wolfgang von. *Theory of colours*. Traduzido do alemão para o inglês. Notas de Charles Lock Eastlake. Londres: John Murray, Albemarle Street, 1840.

GOGH, Van. *Campo de trigo com ciprestes*. 1889. Disponível em: http://www.was.eleoterio.nom.br/galeria_Van%20Gogh_temp.htm. Acesso em: 19 fev. 2010.

GOGH, Van. *A noite estrelada*. 1889a. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/A_Noite_Estrelada. Acesso em: 11 jan. 2020.

GONÇALVES, Berenice Santos. *Cor aplicada ao design gráfico: um modelo de núcleo virtual para aprendizagem baseado na resolução de problemas*. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina: Florianópolis, 2004.

GUIMARÃES, Luciano. *A cor como informação: a construção biofísica, linguística e cultural da simbologia das cores*. 3. ed. São Paulo: Annablume, 2000.

HALL, Calvin S.; LINDZEY, Gardner; CAMPBELL, John B. *Teorias da personalidade*. Trad. Maria Adriana Veríssimo Veronese. 4. ed. Reimpressão de 2008. Porto Alegre: Artes Médicas Sul, 2000.

HALLIDAY, David; RESNICK, Robert; WALKER, Jearl. *Fundamentos da Física*. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2009. (4 v.)

HENDERSON, Linda Dalrymple. A quarta dimensão e a geometria não-euclidiana na arte moderna: conclusão. Trad. Maurício Sampaio. *Revista Leonardo*, v. 17, n. 3, 1984. p. 205-210. Disponível em https://www.researchgate.net/publication/315693620_A_Quarta_Dimensao_e_a_Geometria_Não-Euclidiana_na_Arte_Moderna_Conclusao. Acesso em 21 jan. 2021.

HERNANDES, José Mauro da Costa. A utilização de RGT (*Repertory Grid Technique*) na mensuração de imagem de *shopping centers*. *RAI – Revista de administração e inovação*. São Paulo. v. 2, n. 2, 2005. p. 19-32. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/rai/article/view/79045/83117>. Acesso em 21 jan. 2021.

HILBERT, David R. Color constancy and the complexity of color. *Philosophical topics*, v. 33, n.1, 2005. p. 141-158. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/43154713?seq=1>. Acesso em: 21 jan. 2021.

INEP – Instituto nacional de estudos e pesquisas educacionais. *Resultados do ENEM*. Disponível em: <http://www.inep.gov.br/>. Acesso em: 11 jan. 2020.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. *Manual do editorial: abreviaturas: pluralização*. Disponível em: <https://www.ipea.gov.br/sites/manualeditorial/padroes-editoriais/padronizações-textuais/abreviaturas>. Acesso: 30 maio. 2020.

JAMERSON, Kimberly A. *Tetrachromatic color vision*. Publicado em: 2007. Disponível em: <http://www.imbs.uci.edu/~kjameson/jamesonOUP3.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2020.

JAMERSON, Kimberly A. *Human potential for tetrachromacy*. Disponível em: <https://www.imbs.uci.edu/colorcoglab/4-9.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2020.

JORDAN, Gabriele.; MOLLON, John D. A study of woman heterozygous for colour deficiencies. *Vision Research*, v. 33, n. 11, 1993. p. 1495-1508. Disponível em: <https://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.590.1737&rep=rep1&type=pdf>. Acesso em: 21 jan. 2021.

JORGE, Guilhermina et al. As cores no preto e no branco. *Polifonia*. n. 6. Publicação da Faculdade de Letras da Universidade de Porto. Lisboa: Colibri, 2003. p. 119-133.

KAKU, Michio. *Hiperespaço: uma odisséia científica através de universos paralelos, empenamentos do tempo e a décima dimensão*. Trad. Maria Luiza X. de A. Borges. Rio de Janeiro: Rocco, 2000.

KAY, Paul; REGIER, Terry. Resolving the question of color naming universals. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, v. 2, n.15, 2003. p. 9085-9089. Disponível em: <https://www.pnas.org/content/100/15/9085>. Acesso em: 21 jan. 2021.

KELLY, George A. *The psychology of personal constructs: a theory of personality*. Nova Iorque, EUA: Norton & company, 1955.

KELLY, George A. Teacher-student relations at university level. Puerto Rico, 1958. In: FRANSELLA, Fay (Editora). *International handbook of personal construct psychology*. West Sussex, Inglaterra: John Wiley & Sons Ltda, 2003.

KELLY, George A. *A theory of personality: the psychology of personal constructs*. Londres, Inglaterra; Nova Iorque, EUA: Norton & Company, 1963. ISBN 0-393-00152-0.

KELLY, George A. A mathematical approach to psychology. *Lectures to Moscou Psychology Society*. Columbus, EUA: Ohio State University, 1961.

KERSTEN, Bernd. Do jeito que a gente gosta. Trad. Karin Volobuef. *Viver mente e cérebro*. Ed. especial n. 17 (Mente cérebro e arte). São Paulo: Duetto, 2008. p. 26-31.

KNAPP, Paulo; BECK, Aaron T. Fundamentos, modelos conceituais, aplicações e pesquisa da terapia cognitiva. *Revista Brasileira de Psiquiatria*, v. 30, p. s54-64. Suplemento 2. São Paulo, 2008. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1516-44462008000600002. Acesso em: 21 jan. 2021.

LANTHONY, Philippe. Pintores e defeitos da visão. *Viver mente e cérebro*. Ed. especial n. 3 (Percepção). São Paulo: Duetto, 2005. p. 56-61.

LAROUSSE. *Grande Enciclopédia Larousse Cultural*. São Paulo: Nova Cultural, 1998.

LENS, Al. *Optics, retinoscopy, and refractometry*. 2. ed. Thorofare, Nova Jersey, EUA: Slack Incorporated, 2006.

LIVINGSTONE, Margaret et al. *Vision and Art: the biology of seeing*. Nova Iorque, EUA: Harry N. Abrams, 2002. 208 p. Disponível em: <http://www.nyas.org/ebriefreps/main.asp?intSubsectionID=3528> (Cap. 3: luminance and night vision). Acesso em: 19 dez. 2008.

LORETO, Vittorio; MUKHERJEE, Animesh; TRIA, Francesca. On the origin of the hierarchy of color names. PNAS – *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States*

of America, v. 109, n. 18, 2012. p. 6819-6824. Disponível em: <https://www.pnas.org/content/109/18/6819>. Acesso em: 21 jan. 2021.

LLEWELLYN, Ralph A.; TIPLER, Paul A. *Física moderna*. 3. ed. LTC: Rio de Janeiro, 2001.

LUZ, Antônio Máximo Ribeiro da; ÁLVARES, Beatriz Alvarenga. *Curso de Física: volume 2*. São Paulo: Scipione, 2005.

MacDONALD, Lindsay; MYLONAS, Dimitris; PARAMELI, Galina. Gender differences in colour naming. In: ANDERSON, W.; BIGGAM, C. P.; HOUGH, C. A.; KAY, C. J. (Ed.) *Colour studies: a broad spectrum*. Amsterdam Philadelphia: John Benmins, 2014. p. 225-239.

MARSHALL, Justin; ARIKAWA, Kentaro. Unconventional colour vision. *Current Biology*, v. 24, n. 24. EUA: Elsevier, 2014. p. R1150-R1154. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/25514002/>. Acesso em: 21 jan. 2021.

McCLOUGHLIN, Thomas J. J.; MATTHEWS, Philip S. C. Personal constructions of biological concepts: the repertory grid approach. *Center for Educational Policy Studies Journal*, v. 7, n. 1, p. 93-110, 2017. Disponível em: <https://www.cepsj.si/index.php/cepsj/article/view/16/8>. Acesso em: 24 jan. 2021.

MEDEIROS, Rodrigo de Miranda Henriques. *O ensino de propriedades macroscópicas da matéria: uma abordagem baseada nos aspectos estruturais*. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). Universidade Federal Rural de Pernambuco: Recife, 2006.

MONTESANO, Adrián; FEIXAS, Guillem; VARLOTTA, Nicolás. Análisis de contenido de constructos personales en la depresión. *Revista Salud Mental*, n. 32, 2009. p. 371-379. Disponível em: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0185-33252009000500003. Acesso em: 21 jan. 2021.

MOREIRA, Marco Antonio. *Teorias de aprendizagem*. São Paulo: EPU, 1999.

MOREIRA, Marco Antonio. Diez años de la revista «Enseñanza de las ciencias»: de una ilusión a una realidad. In: *Enseñanza de las ciencias*, v. 12, n. 2, 1994. p. 147-153.

MOREIRA, Marco Antonio. *Pesquisa em Ensino: aspectos metodológicos e referenciais teóricos à luz do Vê epistemológico de Gowin*. São Paulo: EPU, 1990.

MOREIRA, Marco Antonio. *Mapas conceituais e diagramas V*. Porto Alegre: Ed. do autor, 2006.

MOREIRA, Marco Antonio; GRECA, Ileana Maria. A mudança conceitual: análise crítica e propostas à luz da teoria da aprendizagem significativa. *Ciência e Educação*, v. 9, n. 2. Bauru: 2003. p. 301-315. Disponível em: <http://moreira.if.ufrgs.br/amudancaconceitual.pdf>. Acesso em: 24 jan. 2021.

MOREIRA, Marco Antonio; GRECA, Ileana Maria. *Sobre cambio conceptual, obstáculos representacionales, modelos mentales, esquemas de asimilación y campos conceptuales*. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.

MORIN, Edgar. *Os sete saberes necessários à Educação do Futuro*. Trad. Catarina Eleonora F. da Silva e Jeanne Sawaya. Rev. téc. de Edgard de Assis Carvalho. 8. ed. São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO, 2003.

MORIN, Edgar. *Introdução ao pensamento complexo*. Trad. Eliane Lisboa. 5. ed. Porto Alegre: Sulina, 2015.

MORTIMER, Eduardo Fleury. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de ciências: para onde vamos? *Investigações em Ensino de Ciências*, v. 1, n. 1, 1996. p. 20-39. Disponível em: <https://www.if.ufrgs.br/cref/ojs/index.php/ienci/article/view/645>. Acesso em: 21 jan. 2021.

MOURÃO, Ronaldo Rogério de Freitas. *Explicando a Teoria da Relatividade*. 3. ed. revista e ampliada. Rio de Janeiro: Ediouro, 2005.

NARDI, Roberto; GATTI, Sandra Regina Teodoro. Uma revisão sobre as investigações construtivistas nas últimas décadas: concepções espontâneas, mudança conceitual e ensino de ciências. *Revista Ensaio Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 6, n. 2. Belo Horizonte: jul-dez, 2004. p. 115-144. Disponível em: https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-21172004000200115. Acesso em: 21 jan. 2021.

NAVY, Carl Rod. *HyperPhysics*. 2005. Ganhador do prêmio Merlot³⁰ Classic Award para física de 2005 por apresentá-la de forma compreensiva, pelo uso criativo de multimídia e de conexões (links) e pelo impacto em estudantes do mundo inteiro. Disponível em: <http://hyperphysics.phy-astr.gsu.edu/hbase/hframe.html>. Acesso em: 11 jan. 2020.

NEIMEYER, Robert A. An orientation to personal construct therapy. In: NEIMEYER, Robert A.; NEIMEYER, Greg J. (Editores). *Personal construct therapy casebook*. Nova Iorque, EUA: Springer Publishing Company, 1987. p. 3-19.

NEITZ, Maureen; NEITZ, Jay. Molecular genetics and color vision and color vision defects. *Archives of ophthalmology*, v. 118, n. 5. EUA: American Medical Association, 2000. p. 691-700. Disponível em: <https://jamanetwork.com/journals/jamaophthalmology/fullarticle/413200>. Acesso em: 21 jan. 2021.

NEITZ, Maureen; PATTERSON, Sara S.; NEITZ, Jay. Photopigment genes, cones, and color update: disruption the splicing code causes a diverse array of vision disorders. *Current Opinion in Behavioral Sciences*, n. 30, 2019. p. 60-66. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352154619300610>. Acesso em: 21 jan. 2021.

³⁰ Multimedia Educational Resources for Learning and Online Teaching.

NEWTON, Isaac. *Óptica*. Tradução, introdução e notas de André Koch Torres Assis. Original de 1730. São Paulo: Editora da Universidade de São Paulo, 2002. 294 p.

NIU, Nan; EASTERBROOK, Steve. Discovering aspects in requirements with repertory grid. In: *Proceedings of the 2006 international Workshop on Early Aspects at ICSE*. Shanghai, China: 2006. p. 35-41. Disponível em: <https://dl.acm.org/doi/10.1145/1137639.1137646>. Acesso: 21 jan. 2021.

NUSSENZVEIG, H. Moysés. *Curso de física básica*. São Paulo: Edgard Blücher, 1998. (4 v.)

O GLOBO. *Capas emblemáticas do Pink Floyd*. Disponível em: <https://oglobo.globo.com/cultura/capas-emblematicas-do-pink-floyd-14492601>. Acesso em: 11 jan. 2020. Publicado em: 11 nov. 2014.

OLIVEIRA, Maria Marly. *Como fazer projetos, relatórios, monografias, dissertações e teses*. 3. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005.

OLIVEIRA, Maria Marly. *Como fazer pesquisa qualitativa*. Petrópolis, RJ: Vozes, 2007.

OSORIO, Daniel et al. Detection of fruit and the selection of primate visual pigments for color vision. *The American Naturalist*, v. 164, n. 6. EUA: The American Society of Naturalists, 2004. p. 696-708. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/29641923/>. Acesso em: 21 jan. 2021.

PEDROSA, Israel. *Da cor à cor inexistente*. Rio de Janeiro: Léo Christiano Editorial LTDA, 1982.

PERVIN, Lawrence A.; JOHN, Oliver P. *Personalidade: teoria e pesquisa*. Trad. Ronaldo Cataldo Costa. 8. ed. reimp. Porto Alegre: Artmed, 2008.

PHOTO RESEARCHERS. *Retina*. Disponível em: <http://db2.photoresearchers.com/search?function=query&key=cone+rod&pg=1>. Acesso em: 31 dez. 2008. Ref. BB3052.

PORTAL PCP. *Fotografia de George Kelly*. Disponível em: <http://www.pcp-net.de/info/kelly-f-300.jpg>. Acesso em: 11 jan. 2020.

PULLUM, Geoffrey K. The great eskimo vocabulary hoax. *Natural language and linguistic theory*, v. 7, n. 2. 1989. p. 275-81. Disponível em: <http://www.lel.ed.ac.uk/~gpullum/EskimoHoax.pdf>. Acesso em: 21 jan. 2021.

PULLUM, Geoffrey K. *The great Eskimo vocabulary hoax and other irreverent essays on the study of language*. Chicago, Illinois, EUA: The University Chicago Press, 1991.

PUTHRAN, Neelam; PRASHANT, Tejaswini; SATIJA, Jitesh. A clinical study of colour vision status of female relatives of Indian males with defective colour vision. *Journal of Clinical and Diagnostic Research*, v. 12, n.1, 2018. p. NC01-NC04. Disponível em: [https://www.jcdr.net/articles/PDF/11035/29679_CE\(RA1\)_F\(AP\)_PF1\(PAG_TG\)_PFA\(AP\)_PB\(MJ_GG\)_PN\(AP\).pdf](https://www.jcdr.net/articles/PDF/11035/29679_CE(RA1)_F(AP)_PF1(PAG_TG)_PFA(AP)_PB(MJ_GG)_PN(AP).pdf). Acesso em: 21 jan. 2021.

RIBEIRO, Lincoln Almir Amarante; CÂNDIDO, Gláucia Vieira. O universalismo semântico cognitivo em um estudo sobre termos básicos referentes a cores na língua indígena Shanenawa (Pano). *Ciências & cognição*, v. 13, n.1. 2008. p. 152-162. Disponível em: http://pepsic.bvsalud.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1806-58212008000100015. Acesso em: 21 jan. 2021.

ROBERSON, Debi *et al.* The development of color categories in two languages: a longitudinal study. *Journal of experimental psychology: general*, v. 133, n. 4. 2004. EUA: American psychology association, 2004. p. 554-71. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15584806/>. Acesso em: 21 jan. 2021.

ROBSON, David. The women with superhuman vision. In: *BBC Future*. Publicado em: 4 set. 2014. Disponível em: <https://www.bbc.com/future/article/20140905-the-women-with-super-human-vision>. Acesso em: 30 jan. 2020.

ROCHA, Laurentino Gonçalves da. *A revisão construtiva na concepção de movimento retilíneo uniforme, da aristotélica para a galilaica*. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). Universidade Federal Rural de Pernambuco: Recife, 2005. 140 p.

RODRIGUES, Gisella Menezes. *A abordagem do conceito de energia através de experimentos de caráter investigativo, numa perspectiva integradora*. Dissertação (Mestrado em Ensino de Ciências). Universidade Federal Rural de Pernambuco: Recife, 2005. 149 p.

RODRIGUES, Adriana; ROSÁRIO, Pedro; RIBEIRO, Eugénia. Fidelidade da versão em Português do Sistema de Classificação dos Constructos Pessoais. In: *Revista Interamericana de Psicologia/Interamerican Journal of Psychology*, v. 47, n. 3, 2013. p. 413-422. Disponível em: <https://journal.sipsych.org/index.php/IJP/article/view/235>. Acesso em: 21 jan. 2021.

ROHKAMM, Reinhard. *Color atlas of neurology*. 172 ilustrações de Manfred Güther. Trad. original Suzyon O'Neal Wandrey. Trad. revisada Ethan Taub. Nova Iorque, EUA: Thieme, 2004.

SANCHES, José Luis; ALMARZA, Meritxell (Org.). *História da arte*. Trad. Angela Zarate, Maria Júlia Braga. Barcelona, Espanha: Folio, 2008.

SANTOS, Carlos Alberto dos; MOREIRA, Marco Antonio. *Escalonamento multidimensional e análise por agrupamento hierárquico*. Porto Alegre: Editora da Universidade/UFRGS, 1991.

SANTOS, Marcos Antonio Barros. *Difração de elétrons: concepções de licenciandos em Física e possíveis mudanças através do ciclo da experiência kellyana*. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). Universidade Federal Rural de Pernambuco: Recife, 2006. 110 p.

SAÚL, Luis Angel et al. Bibliometric review of the repertory grid technique: 1998-2007. *Journal of constructivist psychology*, n. 25, 2012. p. 112-131. Disponível em: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10720537.2012.651065>. Acesso em: 21 jan. 2021.

SCHOPENHAUER, Arthur. *Sobre a visão e as cores: um tratado*. Trad. Erlon José Paschoal. Original de 1854. São Paulo: Nova Alexandria, 2003.

SHAW, Mildred L. G.; GAINES, Brian R. Kelly's "geometry of psychological space" and its significance for cognitive modeling. *The new psychologist*, p. 23-31, Out. 1992. Disponível em: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.53.4316>. Acesso em: 11 jan. 2020.

SHAW, Mildred L. G.; GAINES, Brian R. *Rep IV: manual for personal version 1.10*. Cobble Hill, Canadá: Center for Person-Computer Studies, 2005. Disponível em: <http://repgrid.com/RepIV/personal/111/Rep%20IV%20Personal%20Manual.pdf>. Acesso em: 16 fev. 2010.

SILVA, Gabriela Machado; ERROBIDART, Nádia Cristina Guimarães. O conteúdo de ótica em livros didáticos de física: um estudo da sobrevivência dos saberes. In: ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS. *Atas do IX Encontro Nacional de Pesquisa em Educação em Ciências*. Águas de Lindóia – SP, 10 a 14 nov. 2013.

SILVA, João Carlos Salles Pires da. A transparência do branco: apontamentos sobre a gramática das cores em Wittgenstein. *Revista olhar*. Ano 2, n. 4, dez. 2000. p. 1-8. Disponível em: http://www.efg.ufba.br/site_old/docs/a_transparencia_do_branco.pdf. Acesso em: 21 jan. 2021.

SILVA, João Carlos Salles Pires da. O paradoxo de Goethe. *Cadernos Wittgenstein*, n. 1. São Paulo: USP, 2000a. p. 37-55. Disponível em: <http://www.revistas.usp.br/cadernoswittgenstein/article/view/105111>. Acesso em: 21 jan. 2021.

SILVA, Linizia Ferreira da; MEDEIROS JÚNIOR, Raimundo Nonato de. As cores da bandeira brasileira em diferentes cenários de iluminação. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 34, n. 2, ago. 2017. p. 603-620. Disponível em: <https://periodicos.ufsc.br/index.php/fisica/article/view/2175-7941.2017v34n2p603>. Acesso em: 21 jan. 2021.

SILVA, Sérgio Nogueira Duarte da. *Saiba como fica o plural das siglas e tire outras dúvidas*. Disponível em: <http://g1.globo.com/educacao/blog/dicas-de-portugues/post/saiba-como-fica-o-plural-das-siglas-e-tire-outras-duvidas.html>. Publicado em: 30 jan. 2013. Acesso em: 30 maio 2020.

STEED, Anthony; MCDONNELL, Janet. Experiences with Repertory Grid Analysis for Investigating Effectiveness of Virtual Environments. In.: *The 6th Annual International Workshop on Presence*. Disponível em: http://www.cs.ucl.ac.uk/staff/A.Steed/presence2003_fourpage.pdf. Acesso em: 18 dez. 2008. Aalborg, Dinamarca: International Society for Presence Research, Aalborg University, 2003.

TURUDA, Charles Teruhiko. A teoria dos constructos pessoais nas pesquisas em Ensino das Ciências da Universidade Federal Rural de Pernambuco. In: OLIVEIRA, Maria Marly (Org.) *CTSA: experiências multi e interdisciplinares no ensino de ciências e matemática*. Recife: Ed. do Organizador, 2009. (Série Formação de Professores; n. 2).

UCHIKAWA, Keiji; BOYNTON, Robert M. Categorical color perception of Japanese observers: comparison with that of Americans. *Vision research*, v. 27, n. 10. Grã-Bretanha, 1987. p. 1825-33. Disponível em: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/3445472/>. Acesso em: 21 jan. 2021.

UNIVERSIDADE DE WASHINGTON. *Fotografia da retina*. Disponível em: <http://depts.washington.edu/ophthweb/images/J01retina.jpg>. Acesso em: 2 jan. 2009.

VALADARES, Eduardo de Campos. *Newton: a órbita da Terra em um copo d'água*. São Paulo: Odysseus Editora, 2003 (Coleção Imortais da Ciência).

VALDIR, Welton Leandro. *A psicodinâmica das cores como ferramenta de marketing: a percepção, influência e utilização das cores na comunicação mercadológica*. Monografia. (Bacharelado em Administração). Maringá: Universidade Estadual de Maringá, 2005.

VOROBYEV, Misha. Ecology and evolution of primate colour vision. *Clinical and Experimental Optometry*, v. 87, n. 4-5, 2004. p. 230-238. Disponível em: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.1111/j.1444-0938.2004.tb05053.x>. Acesso em: 21 jan. 2021.

WERNER, John S., PINNA, Baingio, SPILLMANN, Lothar. Cores ilusórias. *Viver Mente e Cérebro*. Ed. especial n. 16 (Armadilhas da percepção). Set. São Paulo: Duetto, 2008. p. 76-82.

WIKIPÉDIA. *Lista de abreviaturas*. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Lista_de_abreviaturas. Acesso em: 11 jan. 2020.

WITTGENSTEIN, Ludwig. *Investigações filosóficas*. Trad. José Carlos Bruni. Original de 1945. São Paulo: Nova Cultural, 1996.

WOLF, Randy; DELUGACH, Harry S. *Knowledge acquisition via tracked repertory grids*. Technical report TR-UAH-CS-1996-02. Computer science dept. Huntsville, EUA: Universidade do Alabama, 1996. Disponível em: <http://www.cs.uah.edu/tech-reports/TR-UAH-CS-1996-02.pdf>. Acesso em: 7 fev. 2010.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 6023*: informação e documentação - referências - elaboração. Rio de Janeiro, 2018.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 6024*: informação e documentação – numeração progressiva das seções de um documento escrito - apresentação. Rio de Janeiro, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 6027*: informação e documentação – sumário - apresentação. Rio de Janeiro, 2003b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 6493*: emprego de cores para identificação de tubulações. Rio de Janeiro, 1994a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 7195*: emprego de cores para identificação de tubulação. Rio de Janeiro: 1994b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 10520*: informação e documentação – citações em documentos – apresentação. Rio de Janeiro, 2002b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 14724*: informação e documentação - trabalhos acadêmicos. Rio de Janeiro, 2002c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). *NBR 15287*: informação e documentação – projeto de pesquisa - apresentação. Rio de Janeiro, 2005.

BRASIL. Lei nº 9.394, de 20 de dezembro de 1996. *Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional*. Estabelece as diretrizes e bases da educação nacional. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/L9394.htm>. Acesso em: 26 out. 2008.

BRASIL. Secretaria de Educação Média e Tecnológica. *Parâmetros curriculares nacionais para o Ensino Médio*: ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Média e Tecnológica, 2000.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. *PCN+*: orientações educacionais complementares aos parâmetros curriculares nacionais para o ensino médio. Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2002.

BRASIL. Secretaria de Educação Básica. *Ciências da natureza, matemática e suas tecnologias*. Brasília: Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2006. 135 p. (Orientações curriculares para o ensino médio; v. 2).

CEGALLA, Domingos Paschoal. *Nova minigramática da língua portuguesa*. 3. ed. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 2008.

DUARTE, Emeide Nóbrega; NEVES, Dulce Amélia de Brito; SANTOS, Bernadete de Lourdes Oliveira dos. *Manual técnico para realização de trabalhos monográficos*. 3. ed, melhorada e atualizada. João Pessoa: Editora Universitária, UFPB, 1998. 80 p.

ECO, Umberto. *Como se faz uma tese*. São Paulo: Perspectiva, 2000. 170 p.

HOUAISS, Antônio; VILLAR, Mauro de Salles. *Minidicionário Houaiss da língua portuguesa*. 3. ed. rev. e aum. Rio de Janeiro: Objetiva, 2008.

OLIVEIRA, Maria Marly. *Como fazer projetos, relatórios, monografias, dissertações e teses*. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2005. 200 p.

GLOSSÁRIO

Constructo: maneira como duas coisas são semelhantes entre si e diferentes de uma terceira.

Constructo preemptivo: constructo que inibe os demais devido à sua relevância para o sujeito diante de determinado evento.

Dendrograma: diagrama na forma de árvore de dados.

Dicromata: indivíduo ou espécie que enxerga todo o espectro utilizando apenas dois pigmentos. Associado ao dicromatismo.

Difração: capacidade de ondas contornarem obstáculos cujas dimensões são da mesma ordem de grandeza do comprimento de onda da onda que incide no obstáculo.

Dodecacromata: indivíduo ou espécie que enxerga todo o espectro utilizando doze pigmentos. Associado ao dodecacromatismo.

Efeito Compton: fenômeno físico no qual o comprimento de onda da luz muda quando ela interage com um elétron.

Efeito fotoelétrico: fenômeno físico em que a luz é capaz de arrancar elétrons de um metal.

Evento: pessoas, coisas, situações.

Estudo idiográfico: estudo do particular, tipicamente descritivo, qualitativo.

Estudo nomotético: estudo do universal, tipicamente quantitativo.

Índice de refração: razão entre a velocidade da luz no vácuo e a velocidade da luz em um meio.

Luminosidade: característica da cor relacionada à quantidade de luz emitida ou refletida, proximidade do branco ou do preto.

Matiz: característica da cor relacionada à frequência e ao comprimento de onda da luz emitida ou refletida.

Saturação: característica da cor relacionada à proximidade e ao afastamento da cor com a cor cinza.

Sinestesia: expressão ou experiência que combina modalidades sensoriais distintas. Exemplos: “voz aveludada” (audição + tato), “cor apimentada” (visão + paladar) *etc.*

Tetracromata: indivíduo ou espécie que enxerga todo o espectro utilizando quatro pigmentos. Associado ao tetracromatismo.

Tricromata: indivíduo ou espécie que enxerga todo o espectro utilizando três pigmentos. Associado ao tricromatismo.

APÊNDICES

APÊNDICE A – MATRIZ DE REPERTÓRIO DO ALUNO A1 SOBRE COR

		Elementos											Polo de Contraste (5)
		Vermelho	Laranja	Amarelo	Verde	Azul	Violeta	Marrom	Rosa	Branco	Cinza	Preto	
Polo de Semelhança (1)													
Constructos	Fraco	5	1	1	4	2	4	3	4	1	1	2	Intenso
	Faz parte da bandeira brasileira	5	5	1	1	1	5	5	5	1	5	5	Não faz parte da bandeira brasileira
	Associada a ideias desagradáveis	5	3	3	3	2	1	4	1	5	1	1	Associada a ideias agradáveis
	Pertence ao espectro eletromagnético	1	1	1	1	1	1	5	5	5	5	5	Não pertence ao espectro eletromagnético
			1										
			1										
	Usável em roupa	2	4	4	3	1	3	1	5	1	2	1	Não adequado para roupa
				1									
			1							1	1		
					1							1	

APÊNDICE C – MATRIZ DE REPERTÓRIO DO ALUNO A3 SOBRE COR

		Elementos											Polo de Contraste (5)
		Vermelho	Laranja	Amarelo	Verde	Azul	Violeta	Marrom	Rosa	Branco	Cinza	Preto	
Polo de Semelhança (1)		Vermelho	Laranja	Amarelo	Verde	Azul	Violeta	Marrom	Rosa	Branco	Cinza	Preto	
Constructos	Tem gradação	5	5	5	5	5	5	5	5	1	5	1	Não tem gradação
					○	○	○						
				○			○	○		○	○	○	
			○		○		○						
				○		○							
			○		○	○							
				○			○			○			○
				○					○			○	
			○							○	○		
				○							○		○
Preferida		2	3	4	3	3	1	5	1	2	4	3	Não-preferida

ANEXOS

ANEXO A – LAMIA, DE JOHN KEATS

Do not all charms fly
At the mere touch of cold philosophy?
There was an awful rainbow once in heaven:
We know her woof, her texture; she is given
In the dull catalogue of common things.
Philosophy will clip an Angel's wings,
Conquer all mysteries by rule and line,
Empty the haunted air, and gnomèd mine—
Unweave a rainbow, as it erewhile made
The tender-person'd lamia melt into a shade.

Tradução do poema feita por João da Mata

Todos os encantos não se vão
Ao mero toque da fria filosofia?
Existia um maravilhoso arco-íris no firmamento:
Conhecemos sua trama, a sua textura, aparece
No frio catálogo das coisas comuns.
A filosofia podará as asas de um Anjo,
Decifrará os mistérios por instrumentos,
Esvaziará o encanto do ar e o tesouro escondido –
Desvendará o arco-íris.

Referência: MATA, João da. *O arco-íris de Keats*. Disponível em:
<<http://substantivoplural.com.br/expediente/>>. Acesso em: 15 maio 2019.

ANEXO B – TEXTO DE KELLY SOBRE O COROLÁRIO DA FRAGMENTAÇÃO

Traduzido livremente pelo autor a partir de Kelly (1955, p. 83-8)

J. Corolário da Fragmentação

24. COROLÁRIO DA FRAGMENTAÇÃO: UMA PESSOA PODE SUCESSIVAMENTE EMPREGAR UMA VARIEDADE DE SUBSISTEMAS DE CONSTRUÇÃO QUE SÃO INFERENCIALMENTE INCOMPATÍVEIS UMA COM A OUTRA.

O sistema de construção de uma pessoa está continuamente em um estado de fluxo. Porém, ainda que esteja flutuando dentro de um sistema superordenado, suas sucessivas formulações podem não derivar uma da outra. É possível que o que Willie pensa hoje não possa ser inferido diretamente do que ele estava pensando ontem. Sua mudança, contudo, à luz de nosso Corolário da Modulação, é consistente com os aspectos mais estáveis de seu sistema. O que nós estamos sendo cuidadosos para dizer agora é que novos constructos não são necessariamente derivados diretos, ou casos especiais, de constructos antigos. Nós podemos estar certos apenas de que as mudanças que ocorrem de antigos para novos constructos acontecem dentro de um sistema maior.

Estes sistemas maiores podem ter sido alterados (dentro de um sistema ainda maior, naturalmente) pelo impacto dos constructos antigos. Nesse caso e neste sentido, o antigo constructo é um legítimo precursor para o novo constructo. Mesmo assim, a relação é mais colateral do que linear. Em si, o antigo constructo e o novo constructo podem ser inferencialmente incompatíveis um com o outro.

Este é um corolário importante. Deve ficar mais claro que se assume a necessidade de ver o sistema de constructos reinante a fim de explicar o comportamento dos homens, ao invés de procurar apenas explicar cada unidade de comportamento como derivado de seu comportamento imediatamente anterior. Se alguém quer entender o curso do fluxo da consciência, deve fazer mais do que localizar a fonte do rio; deve conhecer o terreno que o rio corta e o volume do fluxo que pode abrir novos canais e erodir os antigos.

Este é o ponto onde a teoria de amostragem estatística pode nos enganar, se nós não tivermos cuidado, usando-o indiscriminadamente. Se estamos fazendo um estudo idiográfico, analisando uma amostra da população com comportamentos anteriores, podemos cometer o erro de supor que uma amostra de comportamentos futuros deverá ser elaborada a partir de um universo que tem exatamente os mesmos parâmetros. Esse tipo de inferência levar-nos-ia a

acreditar que uma criança de quatro anos que chupa o polegar durante quinze horas por dia vai crescer e se tornar um homem que provavelmente chupa seu dedo cerca de quinze horas por dia. Se voltarmos à teoria de amostragem em um quadro nomotético, podemos cometer outro tipo de erro. Podemos supor que, como a maioria dos homens não suga seus polegares, esta criança também irá crescer e se tornar um homem que não terá nenhum hábito incomum como esse.

Somos menos propensos a cometer um erro se tivermos o cuidado de olhar para o problema da forma que foi sugerido no capítulo anterior. Se estudarmos a amostra de comportamentos passados e extrairmos nossa generalização abstrata, não em termos de uma previsão quantitativa de comportamentos da mesma ordem, mas, sim, em termos de uma abstração ou constructo reinante desses comportamentos, poderemos ser capazes de resolver nosso problema. Podemos chegar a algumas respostas como as seguintes: uma amostra do comportamento desta criança em particular parece ser retirada de uma população de comportamento, cuja média é de quinze horas de sucção do polegar por dia. Até este ponto, vamos ter usado a teoria de amostragem no quadro idiográfico. Agora vamos formar um conceito. A teoria de amostragem não nos ajudará nisso; de fato, não há razão para esperar que o faça. Vejamos outros comportamentos da criança de uma maneira que nos permita interpretá-las, para formar um constructo, ou, melhor ainda, descobrir a própria construção da criança, verbalizada ou não, sob a qual esses comportamentos diferentes emergem. Olhemos esses outros comportamentos. Nós também os experimentamos idiograficamente. Desde que um constructo é uma maneira de ver algumas coisas como sendo iguais e, por isso mesmo, como sendo diferentes de outras coisas, vamos procurar o meio pelo qual alguns dos comportamentos da criança são semelhantes e, ao mesmo tempo, diferente de outros comportamentos. Para usar a noção comum do termo “abstração”, vamos abstrair seu comportamento e, possivelmente, criar um constructo como “comportamento oral” ou “comportamento de ingestão”, ou “comportamento de conforto”, ou “comportamento narcísico”. Nesta segunda fase do nosso processo de raciocínio devemos usar formação de conceito e, não, teoria da amostragem.

Num terceiro passo, vamos avançar mais no esquema nomotético e experimentar nosso recém-formado constructo. Vamos verificar se ele se encaixa para outras crianças, se o comportamento delas pode ser igualmente interpretado como tendo alguns elementos que consistentemente se enquadram na categoria de nosso constructo e tendo outros que claramente não se enquadram. De novo, isto é formação de conceito ou procedimento de triagem e, não, amostragem estatística, no sentido comum.

O quarto passo é verificar se o constructo se encaixa nos comportamentos adultos. Novamente o esquema é nomotético.

O quinto passo é a amostragem estatística no esquema nomotético. Vemos se uma amostra de comportamentos da infância, do tipo abstrato que construímos, está ou não correlacionada com uma amostra de comportamentos adultos do mesmo tipo de constructo.

Presumivelmente, vamos querer estudar as mesmas pessoas – primeiro como crianças e depois como adultos – embora, em certas hipóteses, poderemos estudar a correlação com outros métodos indiretos, como por correspondência entre crianças e adultos em algumas variáveis relevantes que já sejam conhecidas por permanecerem relativamente constantes ao longo da vida.

Notemos que a amostragem e a formação de conceitos não são processos totalmente diferentes, embora, para efeitos da discussão precedente, tenha sido conveniente classificá-los assim. Na amostragem, fazem-se certas hipóteses (uma experimental e uma nula) quanto à forma em que duas amostras são semelhantes, e, em seguida, testam-se-nas.

25. O PROBLEMA DA CONSISTÊNCIA

Uma das dificuldades que surgem ao se propor um sistema como a Psicologia dos Constructos Pessoais é que o leitor fica na expectativa de algum sistema de constructos verdadeiro ser lógico-estranho e completamente consistente internamente. Entretanto, uma inspeção sincera de nosso próprio comportamento e de nosso próprio pensamento torna difícil ver como esse sistema ideal possa existir na realidade. A coerência não é um conceito fácil de manusear de forma significativa. O que é consistente com o quê? Chupar o dedo na infância é consistente com chupar o dedo na fase adulta? É consistente com fumar cachimbo na fase adulta? É consistente com o acúmulo de propriedades? É consistente com sucesso financeiro? Há algo que não seja consistente? Há algo inconsistente com alguma outra?

Se tudo pode ser reconciliado e mostrar-se consistente com tudo mais, a noção de consistência falha para encontrar nosso padrão para um constructo – um meio em que pelo menos duas coisas são similares e ao mesmo tempo diferentes, pelo menos, de uma outra coisa. Se não é um constructo, não pode nos ajudar a prever eventos. Se não pode nos auxiliar a antecipar eventos, não tem nenhuma utilidade para a ciência, cujo objetivo é previsão. A menos que nós concedamos à noção de consistência um significado especial que lhe dê um *status* de um constructo, ou aos olhos da pessoa que busca reconciliar seus próprios comportamentos ou aos olhos do observador que busca entender esses comportamentos, seria melhor não confiar no termo.

Antes de discutir um meio particular de entender a consistência, vamos tomar um pouco do tempo para mencionar o tema de autoconsistência que subjaz alguns dos sistemas neofenomenológicos de hoje: a teoria do autoconceito de Raimy, a teoria de autoconsistência de Lecky, a abordagem centrada no cliente de Rogers e a abordagem de campo fenomenológico de Snygg e Comb. Todas essas teorias contemporâneas têm bastante semelhança com a Teoria dos Constructos Pessoais para ser importante, de vez em quando, nesta discussão, distinguir suas diferenças e também suas similaridades.

A teoria de autoconsistência de Lecky trata a consistência como se fosse uma propriedade das ideias que alguém tem. Ele disse que um método de lidar com a inconsistência é tentar ferir ou destruir os objetos ou as pessoas em conexão com a ideia estranha que surgiu. Outro método é “reinterpretar o incidente perturbador de modo que possa ser assimilado”. Outra é alterar a opinião que alguém tem de si mesmo. Tudo isso parece bastante razoável, mas logo nos vemos nos perguntando em que constitui a consistência ou a inconsistência.

Parte da resposta, provavelmente antecipado por Lecky, embora ele não tenha expressado com essas palavras, é que a coerência e incoerência são rótulos pessoais. O que uma pessoa vê como consistente, outra pode ver como inconsistente. Enquanto Lecky estava preocupado principalmente com o problema da consistência e inconsistência de novas ideias com a autoideia subjacente, sua visão de coerência, por si, é que era uma propriedade atribuída à experiência por parte de quem a experimentava. Em suas próprias palavras, sua consistência é um constructo, e é pessoal.

Mas dizer que o constructo consistente-inconsistente é pessoal não é suficiente para torná-lo aplicável. Quando temos duas visões que são coerentes uma com a outra, esperamos escolher cursos de ação semelhantes ou, pelo menos, compatíveis, sobre elas. As duas visões são inconsistentes se elas nos obrigam a realizar a façanha impossível de andar em direções opostas ao mesmo tempo. Elas são inconsistentes se nos levam a antecipar dois eventos incompatíveis. A chave para a rotulagem adequada reside em nosso Postulado Fundamental: os processos de uma pessoa são psicologicamente canalizados para que ela antecipe eventos. A definição operacional de consistência pode ser escrita em termos do modo como eventos são antecipados. As apostas no resultado da vida anulam-se ou se adicionam?

Nosso corolário da fragmentação afirma que uma pessoa pode sucessivamente empregar uma variedade de subsistemas de construção que são inferencialmente incompatíveis uma com a outra. Isso significa que suas apostas posteriores sobre o rumo dos eventos menores podem não ser sempre adicionadas às apostas anteriores. Isso significa que sua personalidade está estruturada apenas em relação a suas antecipações menores? Não!

O Corolário da Fragmentação é, em parte, uma derivação do Corolário da Modulação. Dissemos no último corolário que a variação no sistema de construção de uma pessoa é limitada pela permeabilidade dos constructos em cujos âmbitos de conveniência as variantes residem. Não podemos assumir que variação em um sistema de construção da pessoa está subordinada a todos os aspectos antecedentes (no tempo) de seu sistema. Assumimos simplesmente que está no contexto dos aspectos mais permeáveis do sistema em que consistência é a lei.

Agora que se sugeriu uma definição mais operacional de consistência, a intenção do Corolário da Modulação deve ser mais claramente comunicado. O Corolário da Fragmentação é um enunciado explícito do tipo de inconsistência que o Corolário da Modulação implicitamente tolera. O Corolário da Modulação tolera inconsistência entre subsistemas. Mais especificamente, ele tolera o uso sucessivo de subsistemas que não são, entre eles, adicionáveis.

A poucas sentenças atrás, quando nós enunciamos que as expectativas de uma pessoa em pequenos eventos podiam não se adicionar às expectativas mais antigas, nós perguntamos se isso significava se a personalidade dela está estruturada somente com relação a suas antecipações menores. Nós demos um enfático não. Olhando para o Corolário da Fragmentação no contexto do Corolário da Modulação alguém pode dar uma resposta mais compreensível. Agora podemos dizer que embora a expectativa de uma pessoa para eventos menores possa parecer não aditiva, suas apostas sobre o resultado da vida tendem a se adicionar. Ele não pode ganhar sempre, mas suas expectativas, em um grande contexto, não se cancelam completamente. As características superordenadas permeáveis de seu sistema podem não ser verbalizadas, elas podem ser mais “vegetativas” do que “espirituais”, ou elas podem ser vistas como o que Adler chamou de um “estilo de vida”; mas elas partem de um *sistema*, e, portanto, podem ser consideradas tanto do ponto de vista de suas regras como do ponto de vista de seus aspectos livres.

Como nos casos das questões idiográfico-nomotético e do determinismo-livre arbítrio, consideram-se níveis relativos de abstração e generalidades envolvidos, ou os níveis de permeabilidade-impermeabilidade com que estamos trabalhando, ou, em breve, considerando nosso problema em termos do sistema de constructos pessoais do indivíduo e as tentativas dela para antecipar eventos, que somos capazes de chegar a uma resposta satisfatória para a importante questão psicológica de como o organismo humano pode ser organizado e ainda parecer se comportar de uma forma desorganizada.

ANEXO C – TEXTO DE KELLY SOBRE AS DIMENSÕES DE CONSTRUCTOS

Traduzido livremente pelo autor a partir de Kelly (1955, p. 151-7).

As Dimensões dos Constructos

Os constructos pessoais de outros podem ser construídos por nós como observadores. Podemos até mesmo criar dimensões abrangentes sob as quais outros constructos pessoais podem ser avaliados. Uma das dimensões comuns para avaliar constructos de outros é a familiar dimensão ‘abstrato-concreto’. Enquanto há alguns que acreditam que ‘abstrato’ não é a antítese de ‘concreto’, a maioria de nós usa esses termos como se eles representassem polos opostos de um mesmo constructo. Nós temos, em nossa discussão até agora, tido ocasião para usar esses termos muito frequentemente, e para contar com os significados usuais que se espera que os leitores possam atribuir a eles. Mas agora pode ser útil tomar um olhar próximo sobre a natureza dos constructos e construir os variados modos gerais em que constructos se assemelham ou se diferem um dos outros.

Agora constructos podem ser classificados de acordo com os elementos que eles subsumem. Por exemplo, certo constructo pode ser chamado de ‘constructo físico’, não tanto porque ele é subsumido dentro de um sistema de constructo ‘físico’, mas porque se presume que ele comungue com elementos que já tenham sido construídos como inerentemente ‘físicos’. Frequentemente o termo ‘abstrato’ é usado desse modo. Por exemplo, há aqueles que insistem que algum constructo matemático, independentemente de quem o está usando, é obrigado a ser abstrato porque compartilha com símbolos que são definidos como ‘abstratos’. Mas alguém que tenha feito trabalho psicodiagnóstico com pessoas eruditas, incluindo matemáticos, podem ter descoberto que um homem pode ser um excelente matemático e ainda lidar realmente com sua matemática de uma forma altamente concreta. Há alguns matemáticos que parecem ter somente uma quantidade de capacidade de pensamento abstrato desencapado. Seus pensamentos matemáticos são corretos com literalidade que são concretos, legais e quase abstratos em tudo.

McGaughran tem feito um estudo em que ele tentou determinar a utilidade funcional de certas dimensões de constructos. Ele não precisou ir muito longe para perceber que o esquema clássico abstrato-concreto não estava descrevendo o pensamento de seus sujeitos (de pesquisa) de modo que lhe permitisse a prever como eles iriam operar de uma situação para

outra. Para uma pessoa que tivesse lidado abstratamente com um tipo de problema era igualmente provável que não lidasse concretamente com outro tipo de problema. Além disso, aqueles que foram mais inclinados que outros a usar uma abordagem abstrata em uma área podem ser menos propensos do que outros a usar uma abordagem abstrata em outras áreas.

McGaughran estabeleceu para si um projeto experimental em que ele diligentemente procurou prever que tipo de conceituação uma pessoa deveria usar em seu comportamento linguístico que fosse do mesmo tipo que ele usasse em seu comportamento não verbal, e vice-versa. Esse foi um empreendimento ambicioso. O comportamento linguístico foi elucidado por uso dos cartões de Teste de Apercepção Temática. O comportamento não verbal foi estudado no modo como os sujeitos classificaram os blocos de Vygotsky. O objetivo foi descobrir dimensões de conceituação que pudessem ser aplicáveis a ambos os tipos de protocolo e que o habilitassem a predizer como um sujeito poderia atuar em uma situação através do conhecimento de sua conceituação em outra situação. Ao aceitar isso como seu objetivo, ele foi introduzindo um critério funcional para a classificação de constructos, certamente uma ideia nova em uma área onde filósofos tinham sido acostumados somente a usar critérios formais.

McGaughran encontrou eventualmente que ele podia prever razoavelmente válidas e que essas previsões recaíam essencialmente em duas dimensões. Essas eram comunicabilidade e algo que é essencialmente o que nós temos chamado de permeabilidade. De fato, o termo permeabilidade foi originalmente sugerido por McGaughran, embora ele não tenha escolhido usá-lo no relatório de seu estudo. Por comunicabilidade ele não se referiu, naturalmente, meramente à comunicação verbal, desde que um conjunto de protocolos eram, por definição, 'não verbais'. Em outras palavras, ele encontrou que as dimensões de permeabilidade e comunicabilidade eram não só operacionalmente definíveis, mas, também, eram eficazes para predizer o comportamento do indivíduo. Embora nós não tenhamos seguido o esquema dimensional de McGaughran precisamente, nós estamos em débito com ele, não somente por demonstrar que provavelmente há meios mais significativos de analisar conceituação do que por uso da dimensão abstrato-concreto, mas também por sugerir certas características definitivas de constructos que podem ser muito mais características dos usuários do que é abstração e concretude.

Em adição à dimensão permeabilidade-impermeabilidade, tal como foi discutida anteriormente, nós propomos usar uma tríade de noções que basicamente representam duas

dimensões de constructos. Essas noções não são totalmente contrárias a certas outras que têm sido propostas por estudos psicológicos recentes. Eles têm a ver com a natureza de controle que um constructo implicitamente exerce sobre outros elementos.

Um constructo que subsume seus elementos por adesão em seu próprio reino de modo exclusivo pode ser chamado de constructo preemptivo (ou subsunçor). O tipo de constructo usado para espécies pertence a essa categoria. Pode-se exemplificar com a afirmação “Algo que é uma bola não pode ser nada mais do que uma bola”. Nesse caso o constructo é bola e todas as coisas que são bolas são excluídas dos reinos de outros constructos; eles não podem ser ‘esferas’, ‘pastilhas’, ‘tiros’ ou qualquer outra que não seja ‘bola’. Este é um tipo de constructo de categorias; o que é posto em uma categoria não pode ser posto simultaneamente posto em outra. Ele representa, naturalmente, o extremo da preempção e na realidade poucos constructos pessoais são totalmente preemptivos em seu uso. Ainda em terapia, a tendência do paciente de usar construções preemptivas ao lidar com certas áreas temáticas é frequentemente um grande problema para o terapeuta. O problema da preempção é também um grande fator nas relações interpessoais e em certas abordagens de cabeças-duras em conflitos sociais. Mas mais sobre isso depois.

Preempção tende a mostrar-se naqueles que tem uma dificuldade particular em ver o universo como um fluir e insistem em encará-lo como uma simples questão de arranjar seus elementos inertes. O filósofo pré-Aristotélico Heráclito realmente criou um início muito bom na construção de um universo ativo, que ele simbolizou no fogo. Mas a importação do que ele tinha dito foi mascarado pelo substancialismo de filósofos como Empédocles, e perdeu-se por completo quando Aristóteles coloca a ciência em categorias e nega qualquer aspecto tão dinâmico como a realização de um experimento, para que não seja uma distorção da natureza.

Durante o século passado houve alguma recuperação da preemptividade do pensamento Aristotélico e maior ênfase às abordagens funcionais da realidade. Dewey, cujas filosofia e psicologia podem ser lidas entre muitas das linhas da Psicologia dos Constructos Pessoais, imaginou o universo como um fluxo que deve ser antecipado para ser entendido.

Tal pensamento está em nítido contraste ao tipo de realismo que insiste que se uma coisa é uma pá, ela nada mais é do que uma pá; se uma pessoa é esquizofrênica, ela nada mais é do que esquizofrênica; se o coração é um órgão fisiológico, ele nada mais é do que um órgão

fisiológico, e não pode ser interpretado como um órgão psicológico; se um evento é uma catástrofe, nada mais é do que uma catástrofe; se um homem é um inimigo, ele nada mais é do que um inimigo.

As construções preemptivas são frequentemente exemplificadas em disputas polêmicas entre cientistas. Algumas vezes é chamado de criticismo do ‘nada mais do que’: “a Psicologia dos Constructos Pessoais é nada mais do que mentalismo”; “A Psicanálise é nada mais do que antropomorfismo”, “Cristandade é nada mais do que passividade”, “Comunismo é nada mais do que ditadura”. Quando nós antecipamos nossa posição básica do alternativismo construtivo, evitamos o tipo de raciocínio “nada mais do que”, desde o início, e nós supomos que abandonar esse tipo de perspectiva pode ser de grande auxílio aos psicólogos, bem como frequentemente ajuda seus pacientes, a reconstruírem vidas e encontrar esperança renovada entre duras realidades.

Um constructo que permite a seus elementos pertencer simultaneamente a outros domínios concorrentes, mas que fixa seus membros associados, pode ser chamado de constructo constelatório. Um estereótipo pertence a essa categoria. Por exemplo, um constructo constelatório é expresso na declaração: “Tudo o que é uma bola também deve ser algo que irá quicar”. Alguns investigadores chamam isso de um “complexo”. Nesse tipo de constructo, admite-se que uma bola seja algo mais do que uma bola, mas não há espaço permitido para ela ser muito além do que pode ser. Uma bola, se ela é uma bola, tem que ser certas outras coisas específicas também.

Um constructo que deixa seus elementos abertos à interpretação em todos os outros aspectos pode ser chamado de um constructo proposicional. Por exemplo, por toda nossa discussão da Psicologia dos Constructos Pessoais, nós tentamos depender fortemente de constructos proposicionais em contraste ao pensamento de entidades implícito no uso de constructos preemptivos e o pensamento dogmático implícito no uso de constructos constelatórios. No caso da bola, o exemplo seguinte ilustra um constructo proposicional: “Qualquer massa arredondada pode ser considerada, dentre outras coisas, como uma bola”. Tal constructo é relativamente proposicional desde que ele não implica que a bola precise ser qualquer coisa em particular, exceto uma “massa arredondada”. No pensamento pessoal tal abstração pura é tão rara quanto o concretismo total implícito em constructos preemptivos. O

constructo proposicional, por conseguinte, representa uma extremidade de um continuum, a outra extremidade do mesmo é representada pelos constructos preemptivos e constelatórios.

Enquanto proposicionalidade pode parecer ser uma característica universalmente desejável nos constructos pessoais de alguém, seria realmente muito difícil conviver no mundo, se uma pessoa tentar usar exclusivamente constructos proposicionais. Um constructo superordenado, que subsume outros constructos, trata seus subordinados como se fosse um constructo constelatório. Por exemplo, se esfera incluir bola junto com certos outros objetos, então dizer que algo é uma bola implica também que ela é uma esfera. Desde que bola tem uma implicação constelatória quando ela é subsumida por esfera.

Além disso, se uma pessoa tentou usar exclusivamente o pensamento proposicional, ela pode ter tido considerável dificuldade em chegar a qualquer decisão com relação às questões relevantes e cruciais em qualquer situação. Em um jogo de beisebol, ela poderia estar tão ocupada considerando, de todos os ângulos conceituais, a esfera que estava sendo jogada em sua direção que a pessoa pode ignorar a necessidade de lidar com a bola momentaneamente como uma bola e nada mais. Pensamento preemptivo, em um momento de decisão, é essencial se alguém quiser ter um papel ativo no seu universo. Mas o pensamento preemptivo que jamais se resolve em pensamento proposicional condena a pessoa a um estado de *rigor mortis* intelectual. Ele pode ser chamado de “homem de ação”, mas suas ações sempre seguirão percursos bem trilhados.

Podemos resumir da seguinte maneira o que temos a dizer neste momento sobre as dimensões de constructos:

- a. Um constructo impermeável é aquele que se baseia em um contexto específico e não admite elementos adicionais – por exemplo, nomes próprios: “Se bola compreende certas coisas, então nenhuma outra coisa é bola”; “Isto e aquilo são tão somente bolas”.
- b. Um constructo permeável é aquele que implica elementos adicionais – por exemplo, nomes de classes: “Se bola compreende certas coisas, deve haver ainda outras coisas que são bolas”; “Qualquer coisa como isto é uma bola”.
- c. Um constructo preemptivo é aquele que antecipa seus elementos para a adesão exclusiva no seu próprio reino – por exemplo, os nomes das espécies: “Qualquer coisa que é uma bola não pode ser nada além de uma bola”; “Isto é nada mais do que uma bola”.
- d. Um constructo constelatório é aquele que fixa os reinos associados de seus elementos – por exemplo, estereótipos: “Qualquer coisa que é uma bola tem que ser...” “A partir do momento que isto é uma bola, ela deve ser redonda, resiliente, e pequena o suficiente para caber na mão”.

- e. Um constructo proposicional é aquele que não perturba a associação de seus elementos com outros reinos. – por exemplo, “atitudes filosóficas”: “Qualquer massa arredondada pode ser considerada, dentre outras coisas, como uma bola”; “Embora isto seja uma bola, não há qualquer razão para que não seja ovalada, valiosa ou tenha um toque francês”.

Mais tarde, nós propomo-nos a listar muito mais linhas dimensionais ao longo das quais os constructos pessoais podem ser plotados. Ansiedade, hostilidade, afrouxamento, pré-verbalismo, transferência, dependência, e uma série de outras dimensões serão descritas. Mas nós estamos ansiosos para terminar nosso esboço preliminar da Psicologia dos Constructos Pessoais, de modo que, logo que possível, podemos demonstrar algumas das aplicações mais interessantes da teoria para a solução dos problemas humanos. Outras dimensões vão ter que esperar!