

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
IFCE CAMPUS FORTALEZA
DEPARTAMENTO DE PESQUISA, PÓS-GRADUAÇÃO E INOVAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E
MATEMÁTICA
MESTRADO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

CHRISTIAN GAMA CAVALCANTE

CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS SOBRE NATUREZA DA CIÊNCIA NO
CONTEXTO DA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA DO IFCE

FORTALEZA-CE

2017

CHRISTIAN GAMA CAVALCANTE

CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS SOBRE NATUREZA DA CIÊNCIA NO CONTEXTO
DA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA DO IFCE

Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática do Programa de Pós-Graduação em Ensino de Ciências e Matemática do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará IFCE – Campus Fortaleza, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.

Área de concentração: Ensino de Física.

Orientador: Prof. Dr. Mairton Cavalcante Romeu.

FORTALEZA -CE

2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Instituto Federal do Ceará - IFCE
Sistema de Bibliotecas - SIBI
Ficha catalográfica elaborada pelo SIBI/IFCE, com os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

C376c Cavalcante, Christian Gama.
CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS SOBRE NATUREZA DA CIÊNCIA NO CONTEXTO DA
FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA DO IFCE / Christian Gama Cavalcante. - 2017.
190 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado) Instituto Federal do Ceará, Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática,
Campus Fortaleza, 2017.

Orientação: Prof. Dr. MAIRTON CAVALCANTE ROMEU.

1. Concepções alternativas sobre Natureza da Ciência. 2. História e Filosofia da Ciência. 3. Ciclo de
Experiência de Kelly. I. Título.

CDD 510.07

CHRISTIAN GAMA CAVALCANTE

CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS SOBRE NATUREZA DA CIÊNCIA NO
CONTEXTO DA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA DO IFCE

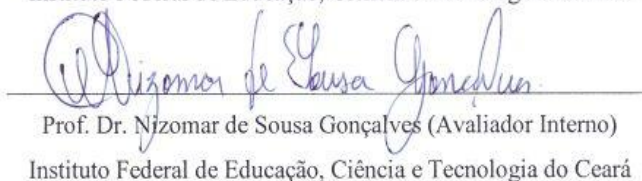
Dissertação apresentada ao Curso de Mestrado
em Ensino de Ciências e Matemática do
Programa de Pós-Graduação em Ensino de
Ciências e Matemática do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará,
como requisito parcial à obtenção do título de
Mestre em Ensino de Ciências e Matemática.
Área de concentração: Ensino de Física.

Aprovada em: 13/06/2017.

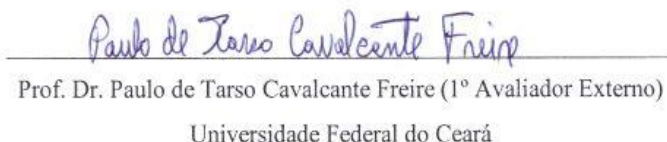
BANCA EXAMINADORA


Prof. Dr. Mairton Cavalcante Romeu (Orientador)

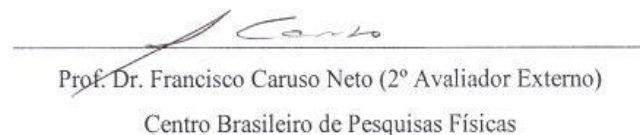
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará


Prof. Dr. Nizomar de Sousa Gonçalves (Avaliador Interno)

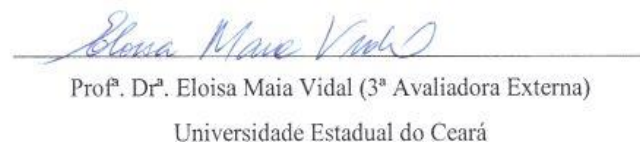
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará


Prof. Dr. Paulo de Tarso Cavalcante Freire (1º Avaliador Externo)

Universidade Federal do Ceará


Prof. Dr. Francisco Caruso Neto (2º Avaliador Externo)

Centro Brasileiro de Pesquisas Físicas


Profª. Drª. Eloisa Maia Vidal (3ª Avaliadora Externa)

Universidade Estadual do Ceará

Dedico este trabalho à minha mãe.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela certeza da finitude das provas.

A meus pais e irmão, por me apoiarem moral, psicológica e financeiramente diante das intempéries da vida.

A minha tia Ivonete, por sempre incentivar-me no caminho do estudo, pela disponibilidade de ler, reler e corrigir incansáveis vezes esse trabalho. Votos esses, extensivos minha tia Giselle e avó Ivanise. Obrigado pela contribuição moral e financeira dessas e outras empreitadas.

Ao Prof. Dr. Mairton Cavalcante Romeu, meu professor de Óptica, Física Contemporânea e História da Física na graduação e orientador do mestrado, obrigado pela confiança depositada.

Ao Prof. José Airton da Silva, meu professor de Física Experimental na Licenciatura em Física e Chefe do Departamento de Ensino Médio e Licenciatura do IFCE, pela pronta disponibilidade do Laboratório Didático de Física para a aplicação de alguns momentos dessa pesquisa.

Aos meus amigos Renata Queiroz e Raphael Victor Barros Campos, principais incentivadores para o prosseguimento de minha carreira acadêmica, obrigado pelos conselhos, ajudas e partilhas.

Aos meus professores dos Ensinos Infantil, Fundamental, Médio, Superior e Mestrado, devidamente representados pelos professores Marly Lopes Carneiro, Teresinha Gomes Pinheiro, Ana Cristina Silva Pinheiro, José Breves de Sousa Filho e Caroline Góes, sem os quais a obtenção desse título seria inviável.

Aos colegas do Mestrado em Ensino de Ciências e Matemática – turma 2015, por termos combatido um bom combate.

“Ninguém é suficientemente perfeito,
que não possa aprender com o outro e,
ninguém é totalmente estruído de valores que
não possa ensinar algo ao seu irmão”.

(São Francisco de Assis)

RESUMO

Este trabalho objetivou analisar as concepções alternativas dos professores de Física em formação sobre a natureza da Ciência. Para tanto, elaborou-se uma sequência didática que utilizou a História e Filosofia da Ciência como estratégia didático-metodológica por abordar aspectos mais complexos da área, ressaltar o seu valor cultural, enfatizar o caráter mutável do conhecimento científico e permitir uma apreensão significativa do método científico. Esta sequência didática foi aplicada em duas disciplinas de História da Física, nos períodos letivos de 2015.2 e 2016.2, do Curso de Licenciatura em Física do Departamento de Ensino Médio e Licenciaturas do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Fortaleza. O público alvo, predominantemente masculino, com faixa etária média de 28 anos, e com experiência docente entre 2 meses e 12 anos, foi composto de 21 alunos matriculados nas duas disciplinas de aplicação. A sequência foi dividida em dois momentos, sendo inicialmente aplicado um questionário, para o levantamento das concepções apriorísticas dos investigados sobre natureza da Ciência e, *a posteriori*, um Ciclo de Experiência de Kelly que abordou a História da Óptica, com vistas ao acompanhamento da relação entre tais concepções alternativas e conteúdos específicos de Física. O estudo estruturou-se em cinco etapas: Antecipação, Investimento, Experiência, (Des)confirmação e Revisão Construtiva. Nestas etapas foram aplicados questionários homônimos, os quais juntos ao primeiro serviram de instrumentos de coleta de dados, sendo validados através do coeficiente de consistência interna alfa de Cronbach. Para a análise da estrutura cognitiva das concepções alternativas utilizou-se os Corolários da Teoria dos Construtos Pessoais e, em relação a susceptibilidade de mudança conceitual de tais concepções, fez-se uso dos Critérios de Inteligibilidade e Plausibilidade dos Modelos de Mudança Conceitual. Por fim, para classificar essas concepções alternativas sobre Natureza da Ciência utilizaram-se, ainda, as categorias “visões distorcidas do trabalho científico”. Verificou-se, então, que as respostas ao corpo de questionários apresentaram alta confiabilidade, que as referidas concepções são suscetíveis a mudanças conceituais, por serem inteligíveis e pouco plausíveis, e que os construtos elaborados ao longo da sequência didática foram modulados, mas não estabeleceram conexão com outros construtos ou sistemas de construtos. Sobretudo, as principais concepções sobre Natureza da Ciência que os depoentes possuem são as visões rígida, a-problemática e a-teórica e de crescimento cumulativo e linear da Ciência.

Palavras-chave: Concepções Alternativas sobre Natureza da Ciência. História e Filosofia da Ciência. Ciclo de Experiência de Kelly.

ABSTRACT

This work aimed to analyze the alternative conceptions of physics' teachers in formation about the nature of Science. Therefore, a didactic sequence was elaborated that used History and Philosophy of Science as didactic-methodological strategy for addressing more complex aspects of the area, to highlight its cultural value, to emphasize the changing character of scientific knowledge and to allow a significant apprehension of the scientific method. This didactic sequence was applied in two disciplines of History of Physics, in the academic periods of 2015.2 and 2016.2, of the Bachelor's Degree in Physics of the Department of High School and Bachelor's degrees of the Federal Education Institute, Science and Technology of Ceará - Campus Fortaleza. The target population, predominantly male, with an average age of 28 years, and with teaching experience between 2 months and 12 years, was composed of 21 students matriculated in the two application disciplines. The sequence was divided in two moments, being initially applied a questionnaire, to the survey of the aprioristic conceptions of the ones investigated about the nature of Science and, *a posteriori*, A Kelly Experience Cycle that addressed the History of Optics, with a view to monitoring the relationship between such alternative conceptions and specific contents of Physics. The study was structured in five stages: Anticipation, Investment, Experience, (Un) confirmation and Constructive Review. In these steps homonymous questionnaires were applied, which together with the first served as instruments of data collection, being validated through internal consistency coefficient of Cronbach's alpha. For the analysis of the cognitive structure of the alternative conceptions the Corollaries of the Personal Constructor's Theory was used and, in relation to the susceptibility of conceptual change of such conceptions, it was made use of the Criteria of Intelligibility and Plausibility of Models of Conceptual Change. Finally, to classify these alternative conceptions about the Nature of Science, it was also used the categories "distorted visions of scientific work". It was verified, then, that the answers to the body of questionnaires presented high reliability, that these conceptions are susceptible to conceptual changes, for being intelligible and not very plausible, and that the constructs elaborated throughout the didactic sequence were modulated, but did not establish connection with other constructs or systems of constructs. Above all, the main conceptions about Nature of Science that deponents possess are the rigid visions a-problematic and a-theoretical and cumulative and linear growth of Science.

Keywords: Alternative Concepts about Nature of Science. History and Philosophy of Science. Kelly's Experience Cycle.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 –	Modelos de Mudança Conceitual Clássico.....	30
Figura 2 –	Ciclo de Experiência de Kelly.....	49
Figura 3 –	Unidades e categorias de análise do trabalho: interseções bibliográficas e metodológicas.....	50
Fluxograma 1 –	Sequência didática empregada na pesquisa.....	67
Fluxograma 2 –	Sugestão de fluxograma para pesquisas futuras.....	147
Quadro 1 –	Resumo Didático dos Corolários da TCP.....	45
Quadro 2	Descrição dos Perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade.....	74
Quadro 3 –	Descrição dos Estereótipos Conceituais.....	75
Quadro 4 –	Síntese dos resultados das análises à luz dos corolários da TCP.....	134
Gráfico 1 –	Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω - VNOS-C.....	87
Gráfico 2 –	Perfis de Interação entre os critérios de Inteligibilidade e Plausibilidade – VNOS-C.....	88
Gráfico 3 –	Acumulado de visões distorcidas do trabalho científico – VNOS-C.....	91
Gráfico 4 –	Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω - Antecipação.....	96
Gráfico 5 –	Perfis de Interação entre os critérios de Inteligibilidade e Plausibilidade – Antecipação.....	97
Gráfico 6 –	Acumulado de visões distorcidas do trabalho científico – Antecipação.....	100
Gráfico 7 –	Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω - Investimento.....	104
Gráfico 8 –	Perfis de Interação entre os critérios de Inteligibilidade e Plausibilidade – Investimento.....	105
Gráfico 9 –	Acumulado de visões distorcidas do trabalho científico – Investimento.....	108
Gráfico 10 –	Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω - Experimento.....	113
Gráfico 11 –	Perfis de Interação entre os critérios de Inteligibilidade e Plausibilidade – Experimento.....	114
Gráfico 12 –	Acumulado de visões distorcidas do trabalho científico – Experimento.....	117

Gráfico 13 –	Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω - (Des) confirmação.....	121
Gráfico 14 –	Perfis de Interação entre os critérios de Inteligibilidade e Plausibilidade – (Des)confirmação.....	122
Gráfico 15 –	Acumulado de visões distorcidas do trabalho científico – (Des) confirmação.....	124
Gráfico 16 –	Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω - Revisão Construtiva.....	129
Gráfico 17 –	Perfis de Interação entre os critérios de Inteligibilidade e Plausibilidade – Revisão Construtiva.....	130
Gráfico 18 –	Acumulado de visões distorcidas do trabalho científico – Revisão Construtiva.....	132
Gráfico 19 –	Síntese dos resultados das análises acerca dos critérios de inteligibilidade e plausibilidade dos MMC.....	135
Gráfico 20 –	Acumulado de categorias visões distorcidas do trabalho científico por questionários.....	138

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 –	Tabulação de dados analisados à luz dos Estereótipos Conceituais e Perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade.....	75
Tabela 2 –	Tabulação de dados analisados à luz das categorias “Visões distorcidas do trabalho científico.....	78
Tabela 3 –	Procedimento de análise dos dados à luz dos corolários da TCP.....	79
Tabela 4 –	Procedimento de análise à luz dos Estereótipos Conceituais e Perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade.....	79
Tabela 5 –	Notas dos alunos quanto aos Estereótipos Conceituais e Perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade.....	80
Tabela 6 –	Procedimento de análise à luz das categorias “Visões distorcidas do trabalho científico”.....	82
Tabela 7 –	Validação das Respostas do Questionário VNOS-C (alfa de Cronbach)...	83
Tabela 8 –	Médias individuais para análise à luz dos corolários da TCP.....	85
Tabela 9 –	Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω e perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – VNOS-C.....	86
Tabela 10 –	Notas dos alunos quanto aos Estereótipos Cocneituais e Perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – VNOS-C.....	89
Tabela 11 –	VNOS-C à luz das categorias visões distorcidas do trabalho científico...	90
Tabela 12 –	Validação das Respostas do Questionário Antecipação (alfa de Cronbach).....	92
Tabela 13 –	Médias individuais para análise à luz dos corolários da TCP – Antecipação.....	93
Tabela 14 –	Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω e perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – Antecipação.....	95
Tabela 15 –	Notas dos alunos quanto aos Estereótipos Cocneituais e Perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – Antecipação.....	98
Tabela 16 –	Antecipação à luz das categorias visões distorcidas do trabalho científico.....	99
Tabela 17 –	Validação das Respostas do Questionário Investimento (alfa de Cronbach).....	101
Tabela 18 –	Médias individuais para análise à luz dos corolários da TCP –	

Investimento.....	102
Tabela 19 – Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω e perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – Investimento.....	103
Tabela 20 – Notas dos alunos quanto aos Estereótipos Cocneituais e Perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – Investimento.....	106
Tabela 21 – Investimento à luz das categorias visões distorcidas do trabalho científico.....	107
Tabela 22 – Validação das Respostas do Questionário Experimento (alfa de Cronbach).....	109
Tabela 23 – Médias individuais para análise à luz dos corolários da TCP – Experimento.....	110
Tabela 24 – Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω e perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – Experimento.....	112
Tabela 25 – Notas dos alunos quanto aos Estereótipos Cocneituais e Perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – Experimento.....	114
Tabela 26 – Experimento à luz das categorias visões distorcidas do trabalho científico.....	116
Tabela 27 – Validação das Respostas do Questionário (Des) confirmação (alfa de Cronbach).....	117
Tabela 28 – Médias individuais para análise à luz dos corolários da TCP – (Des)confirmação.....	119
Tabela 29 – Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω e perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – (Des) confirmação.....	120
Tabela 30 – Notas dos alunos quanto aos Estereótipos Cocneituais e Perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – (Des) confirmação.....	122
Tabela 31 – (Des) confirmação à luz das categorias visões distorcidas do trabalho científico.....	124
Tabela 32 – Validação das Respostas do Questionário Revisão Construtiva (alfa de Cronbach).....	125
Tabela 33 – Médias individuais para análise à luz dos corolários da TCP – Revisão Construtiva.....	127
Tabela 34 – Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω e perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – Revisão Construtiva.....	128
Tabela 35 – Notas dos alunos quanto aos Estereótipos Cocneituais e Perfis de	

	Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – Revisão Construtiva...	130
Tabela 36 –	Revisão Construtiva à luz das categorias visões distorcidas do trabalho científico.....	132
Tabela 37 –	Síntese dos resultados das validações dos Questionários.....	133
Tabela 38 –	Síntese dos acumulados das análises à luz das categorias visões distorcidas do trabalho científico de Gil Perez <i>et al</i> .(2001).....	137

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CEK	Ciclo de Experiência de Kelly
CTS	Ciência Tecnologia e Sociedade
EC	Estereótipos Conceituais
HC	História da Ciência
HFC	História e Filosofia da Ciência
MMC	Modelos de Mudança Conceitual
NdC	Natureza da Ciência
PCN	Parâmetros Curriculares Nacionais
TCLE	Termo de Consentimento Livre e Esclarecido
TCP	Teoria dos Construtos Pessoais
VNOS-C	Visões sobre Natureza da Ciência, forma C

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	18
1.1	Problematização	18
1.2	Objetivos	24
1.2.1	<i>Objetivo Geral</i>	24
1.2.2	<i>Objetivos Específicos</i>	25
1.3	Hipóteses de Pesquisa	25
2	PESQUISAS SOBRE CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS, MODELOS DE MUDANÇA CONCEITUAL E TEORIA DOS CONSTRUTOS PESSOAIS.....	26
2.1	Concepções Alternativas e Modelos de Mudança Conceitual.....	26
2.2	Teoria dos Construtos Pessoais de George Kelly.....	34
2.3	Ciclo de Experiência de Kelly.....	46
3	INVESTIGAÇÕES SOBRE A FORMAÇÃO DE PROFESSORES...	51
3.1	Pesquisa sobre Formação de Professores de Ciências.....	51
3.2	Relações entre as Concepções dos Professores de Ciências e Sua Prática Docente.....	54
3.3	Alguns Subsídios e Alternativas à Formação Inicial Docente.....	57
4	METODOLOGIA DA PESQUISA.....	60
4.1	Tendências Metodológicas.....	60
4.2	Procedimentos Metodológicos.....	62
4.2.1	<i>Caracterização Geral dos Momentos da Pesquisa.....</i>	62
4.2.2	<i>Tabulação dos Dados.....</i>	68
4.2.2.1	<i>Tabulação para Validação dos Questionários e Análise à luz dos corolários da TCP.....</i>	68
4.2.2.2	<i>Tabulação dos Dados mediante critérios de Inteligibilidade e Plausibilidade.....</i>	73
4.2.2.3	<i>Tabulação dos Dados para as “Visões distorcidas do trabalho científico”.....</i>	75
4.3	Procedimentos de Análises.....	78
4.3.1	<i>Análise quanto aos corolários da TCP.....</i>	78
4.3.2	<i>Análise quanto aos critérios de Inteligibilidade e Plausibilidade.....</i>	79
4.3.3	<i>Análise quanto às categorias “Visões Distorcidas do trabalho</i>	

	<i>Científico”.....</i>	81
5	ANÁLISE DISCURSIVA DOS DADOS.....	83
5.1	Questionário VNOS-C.....	83
5.2	Questionário Antecipação.....	62
5.3	Questionário Investimento.....	100
5.4	Questionário Experimento.....	109
5.5	Questionário (Des) Confirmação.....	117
5.6	Questionário Revisão Construtiva.....	125
5.7	Síntese.....	133
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	139
6.1	Conclusão.....	139
6.2	Vivências.....	143
	REFERÊNCIAS.....	149
	APÊNDICE A – PRIMEIRO MOMENTO – IDENTIFICAÇÃO DOS ENTREVISTADOS E QUESTIONÁRIO VNOS-C (VIEWS OF NATURE OF SCIENCE – FORM C).....	154
	APÊNDICE B – SEGUNDO MOMENTO – ANTECIPAÇÃO – CEK.....	158
	APÊNDICE C – SEGUNDO MOMENTO – INVESTIMENTO – CEK.....	161
	APÊNDICE D – SEGUNDO MOMENTO – EXPERIÊNCIA – CEK.....	163
	APÊNDICE E – SEGUNDO MOMENTO – CONFIRMAÇÃO/ REFUTAÇÃO – CEK	167
	APÊNDICE F – SEGUNDO MOMENTO – REVISÃO CONSTRUTIVA – CEK.....	169
	APÊNDICE G – AULA INSTRUCIONAL/INTRODUTÓRIA AO CURSO.....	171
	APÊNDICE H – ABORDAGENS HISTÓRICAS ACERCA DA NATUREZA DA LUZ E FENOMENOS LUMINOSOS DA ANTIGUIDADE CLÁSSICA GREGA À INÍCIO DA IDADE MÉDIA.....	173
	APÊNDICE I – DEBATE ACERCA DA NATUREZA DA LUZ E FENOMENOS LUMINOSOS PROBLEMATIZADOS A PARTIR	

DE CITAÇÕES DE FILÓSOFOS E CIENTISTAS.....	175
APÊNDICE J – DISCUSSÃO DA ÓPTICA NEWTONIANA PRÉ E PÓS PRINCIPIA.....	177
APÊNDICE K – REVISÃO/RESUMO DA ÓPTICA – ÓPTICAS GEOMÉTRICAS E FÍSICA E DESCRIÇÃO ELETROMAGNÉTICA DA LUZ.....	179
APÊNDICE L – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO EXPERIMENTO - REFRAÇÃO EM LÂMINAS DELGADAS.....	181
APÊNDICE M – DISCUSSÃO DE MODELOS DE REFRAÇÃO.....	183
APÊNDICE N – REVISÃO DO CURSO E DISCUSSÕES.....	185
APÊNDICE O – AULA ENCERRAMENTO - AS IMPLICAÇÕES DA HFC PARA O ENSINO.....	187
APÊNDICE P – TERMO DE CONSENTIMENTO DE LIVRE E ESCLARECIDO.....	189
ANEXO A – PERMISSÃO DE USO DO ROTEIRO EXPERIMENTO “LENTE DELGADA” DO LABORATÓRIO DE FÍSICA DO IFCE.....	190

1 INTRODUÇÃO

1.1 Problematização

O ensino da Física apresenta algumas dificuldades sistêmicas. A pesquisa que ora se inicia abordará àquela relacionada ao seu distanciamento da História e Filosofia da Ciência (HFC). O fato tem dificultado a implementação de metodologias que lidam mais especificamente com concepções alternativas sobre Natureza da Ciência (NdC). Portanto, o fosso entre o conhecimento científico e sua epistemologia prejudica o entendimento da Ciência, pois a restringe ao seu caráter algébrico, limitando a apreensão da realidade e tornando seu conhecimento algo reproduzido com interferências deletérias a produção científica. Dessa forma, considera-se o ensino da Física um ramo de pesquisa desafiador, sobretudo quando implementa em seu cerne a HFC como estratégia metodológica.

Atualmente, a pesquisa neste ramo tem destacado o papel da HFC no ensino e aprendizagem das Ciências, mediante o aumento de uma literatura especializada que ganha espaço em eventos e periódicos científicos. Por outro lado, nos aspectos prático e aplicado, a HFC é considerada uma estratégia didática que viabiliza a compreensão de conceitos, modelos e teorias, contribui para evitar visões científicas distorcidas, permite o entendimento mais apurado dos aspectos que envolvem o ensino/aprendizagem da Ciência e proporciona uma intervenção mais significativa em sala de aula. Ressalte-se, ainda, que “a HFC pode contribuir para melhor caracterização dos aspectos relativos à NdC, tais como: a relação entre Ciência, tecnologia e sociedade; a percepção da Ciência como atividade humana e a falibilidade dos cientistas” (SILVA; MARTINS, 2010, p. 72).

Martins (2007) ainda enfatiza que a HFC:

Por um lado, representa um vasto campo de estudos e pesquisas que vem construindo, ao longo dos anos, suas bases teóricas e suas especificidades. Por outro lado, constitui-se em área do conhecimento com fortes e profundas implicações para a Didática das Ciências. Nesse sentido, podemos falar em HFC no ensino de Ciências (p. 114).

No âmbito do ensino, ela pode ser abordada como um conteúdo em si, estar presente na formação inicial e continuada de professores, ser utilizada como estratégia didático-metodológica no que diz respeito à fundamentação de modelos de ensino e aprendizagem, como o Modelo de Mudança Conceitual (MMC), além de se configurar um campo de pesquisa com influências no processo de ensino/aprendizagem.

Nessa perspectiva, a HFC torna-se imprescindível à formação do professor de Ciência, sendo exigida, inclusive, em documentos normativos que direcionam o currículo nacional. Os Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN) para o Ensino Médio elencam um conjunto de habilidades que os estudantes de Física devem desenvolver afim de contribuir para a formação de uma cultura científica efetiva, que permita ao indivíduo a interpretação dos fatos, fenômenos e processos naturais, situando e dimensionando a interação do ser humano com a natureza como parte da própria natureza em transformação. Para tanto, “é essencial que o conhecimento físico seja explicitado como um processo histórico, objeto de contínua transformação e associado às outras formas de expressão e produção humanas” (BRASIL, 2000, p. 24).

No entanto, a HFC, por si só, não sana todos os desafios encontrados no labor docente do professor de Física. Entende-se, assim, que esta Ciência precisa ser abordada de forma integral a partir de seus eixos histórico-filosóficos e científico-experimentais. Em suma, deve-se aliar a estratégia didático-metodológica da HFC ao caráter prático e experimental da Ciência.

Em se tratando do aspecto experimental do ensino da Física, este oportuniza aos estudantes a apreensão dos conceitos científicos de modo significativo, haja vista que a interação do homem com o objeto de estudo é favorecida. Ainda no que tange a História e Filosofia do aspecto experimental, pode-se encontrar, ao longo dos registros, peças demonstrativas em que a experiência, ora tem papel preponderante sobre a teoria, ora ambas se equilibram e se complementam. Por isso, entender um procedimento experimental é também analisar o contexto em que o mesmo foi realizado, considerando-se que a Ciência é uma produção humana.

Posto isto, vislumbram-se dentro do campo da Física, conteúdos que conseguem equalizar melhor a Epistemologia, a História e Filosofia da Ciência com a Física Experimental como é o caso da Óptica que, além de perpassar quase todos os ramos da Física, faz parte do processo de construção histórica dessa Ciência. Desse modo, está no ensino da Óptica uma oportunidade de entrelace entre os diferentes eixos que podem proporcionar mudanças conceituais nos docentes.

Portanto, relegar as vantagens que a HFC oferece ao ensino de Ciências corrobora com uma visão distorcida e fragmentada da atividade científica. No entanto, incluir tais aspectos ao ensino não significa adaptar o currículo às histórias recheadas de curiosidades, datas e mártires, pois essa forma de abordagem só perpetua a ideia de que a HFC é linear e figurada por “mentes brilhantes” que inventaram teorias milagrosamente. Nesse sentido,

O conhecimento científico, construção sofisticada e gradual da mente humana, passa a ser tomado como algo passível de mera transmissão, de revelação e não de conhecimento a ser elaborado. Esta atitude mostra-se claramente nociva a qualquer tentativa de se aproximar da ciência. A introdução da dimensão histórica pode tornar o conteúdo científico mais interessante e compreensível exatamente por trazê-lo para mais perto do universo cognitivo não só do aluno, mas também do próprio homem, que, antes de conhecer cientificamente, constrói historicamente o que conhece (CASTRO; CARVALHO, 1992 *apud* GATTI, 2005, p. 40).

Faz-se necessário, contudo, refletir sobre como investigar uma proposta que integre a HFC ao currículo da licenciatura em Física. Embora muitos teóricos afirmem a sua importância como uma estratégia didática, contraditoriamente, não se percebe de forma clara o seu uso como tal e, sim, apenas uma limitação dessa perspectiva como um conteúdo a mais, algo a ser acrescentado ao currículo. Somente será possível contemplar a HFC no Ensino Médio, quando este debate metodológico fizer parte dos currículos das licenciaturas de Física.

A formação de professores de Ciências deve ser o ambiente propício aos futuros docentes, no qual vislumbrem a Ciência, tanto como um processo como um conteúdo essenciais a sua preparação (COCHRAN; JONES, 1998). Em todo caso, as ementas dos cursos na graduação raramente apresentam a Ciência como um processo de construção, cujo agravante são as atividades preestabelecidas, com respostas prontas sem opção a criatividade e empreendedorismo científico, principalmente nas atividades laboratoriais.

Algumas licenciaturas das áreas científicas têm contemplado essa questão, seja através de uma disciplina específica, seja de um modo mais disperso. Frente a esse avanço na formação inicial dos professores, acredita-se minimamente que essa necessidade formativa dos mesmos seja atendida. No entanto:

A simples consideração de elementos históricos e filosóficos na formação inicial de professores das áreas científicas – ainda que feita com qualidade – não garante a inserção desses conhecimentos nas salas de aula do ensino básico, tampouco uma reflexão mais aprofundada, por parte dos professores, do papel da HFC para o campo da didática das ciências (MARTINS, 2007, p.115).

Os obstáculos precípuos na utilização da HFC para fins didáticos surgem na transição dos cursos de formação inicial para a aplicação no ensino e aprendizagem das ciências. Em suma, a HFC se estabelece como uma necessidade formativa premente do professor, uma vez que contribui para evitar visões distorcidas sobre o fazer científico e permite uma compreensão mais refinada dos diversos aspectos histórico-filosóficos do processo de ensino/aprendizagem da Ciência.

Outro aspecto a ser destacado em relação ao uso da HFC no ensino infere no auxílio na transposição didática de conteúdos científicos.

Entretanto, existe uma dimensão dessa crítica que consideramos contundente, apesar de contornável, que é em relação à seleção dos materiais de História da Ciência e no risco de os professores de ciências utilizarem materiais que vão de encontro à boa história (ROSA, 2006, p. 31).

Mediante a esta problemática, os cursos de licenciatura devem proporcionar uma formação mínima que oportunize aos futuros docentes identificar as correntes historiográficas, bem como entrar em contato com a literatura de importantes pesquisadores da área. Posto isto, os universitários teriam condições de fazer uma escolha criteriosa dos materiais didáticos que utilizarão em sala de aula à luz de tais historiografias. Consequentemente apresentariam discernimento necessário acerca da diversidade, da qualidade e das vantagens que esses materiais podem implicar na aprendizagem dos alunos.

De acordo com pesquisas em ensino que mostram a viabilidade e a efetividade da utilização da História da Ciência no ensino de Física, Peduzzi (1998, p. 121) conclui:

Os conteúdos históricos (...) foram decisivos para mostrar ao estudante a dinamicidade do conhecimento científico, o caráter provisório das teorias científicas, a disputa por prioridades, a falibilidade do cientista, a possibilidade, enfim, de muitos deles, vislumbrarem, de imediato, a viabilidade de se engajarem com suas limitações peculiares a todos os seres vivos a este empreendimento que fascina e orienta a vida de tantas pessoas.

Em outra perspectiva, Gagliardi e Giordan (1986, p. 254) defendem que o ensino de Ciências deve abordar a questão do conhecimento enquanto processo social de produção e apropriação, pois:

(...) História da Ciência pode mostrar em detalhes alguns momentos de transformação profunda de uma ciência e indicar quais foram as relações sociais, econômicas e políticas que entraram em jogo, quais foram as resistências à transformação e quais setores trataram de impedir a mudança. Essa análise pode fornecer as ferramentas conceituais para que os alunos compreendam a situação atual da ciência, sua ideologia dominante e os setores que a controlam e que se beneficiam dos resultados da atividade científica.

Portanto, a inserção da História da Ciência no ensino:

(...) resulta em um instrumento valioso para os professores: oferece novos horizontes conceituais, ampliando os utilizados para a formação inicial nos casos em que a história da ciência não faz parte do plano de estudos; permite em particular ver como conceitos diferentes dos atuais tem sido articulados de maneira coerente e defendidos por pessoas ilustres, tornando-se difíceis de serem superados. Tudo isto ajuda a não menosprezar as concepções espontâneas dos alunos. Por outro lado (...) permite visualizar como esta se constrói em um processo vivo em que o raciocínio lógico não é o único que ocupa um papel de destaque (SANMARTI; CASADELLA, 1987, p. 56).

Buscar na HFC subsídios para o ensino de Ciência não é considerar os indivíduos como meros reprodutores de conhecimentos sistematicamente elaborados pela casta dos

cientistas ao longo da história. Pelo contrário, ao assumir essa postura deve-se admitir que a ciência é um processo que apresenta percalços em seu desenvolvimento.

Alia-se a isso a oportunidade de aproveitar essa contribuição para elaborar atividades que tornem o ensino mais coerente, dinâmico e democrático.

A aquisição de conhecimentos sobre a História da Ciência é de vital importância para o docente que, inserido em uma orientação construtivista, deseje problematizar o ensino e apresentar uma imagem de Ciência mais real, contextualizada e menos neutra (FURIÓ, 1994 *apud* GATTI, 2005, p. 45).

Apesar dos argumentos que defendem a inserção da HFC na formação de professores de Ciências, existe um contraponto a ser exposto que diz respeito às concepções dos docentes e dos discentes da área em relação a esse modelo. O que leva a concluir que esta inclusão recebe resistência, principalmente, no âmbito acadêmico. “Grande número de pesquisas realizadas com professores, apontam que esses apresentam concepções inadequadas deformadas e que vão de encontro às epistemologias contemporâneas” (ROSA, 2006, p. 26).

Uma das críticas que a inserção da História e Filosofia da Ciência na formação científica universitária recebe é a de que isto diminuiria a credibilidade desse ramo do conhecimento, afastando o estudante da área científica, pois reduziria o fascínio provocado pela resolução de “quebra-cabeças” que a Ciência produz (MATTHEWS, 1994; KUHN, 1998; FREIRE JR, 2002). Como exemplificado, existe uma variedade de pesquisas que apontam para a perpetuação de um discurso em que essa abordagem é apreciada com cautela, restrições ou até mesmo com superficialidade, seja por desconhecimento, seja por descrença.

Seguindo esse raciocínio, mediante ideia de Brush:

A história da ciência poderia ser uma influência negativa sobre os estudantes porque ela ceifa as certezas do dogma científico, certezas essas que são tão úteis para se manter o entusiasmo do principiante, sendo ainda mais contundente do que Kuhn ao questionar se a História não deveria ser censurada (BRUSH, 1989 *apud* MATTHEWS, 1992, p. 176).

Para Kuhn (1998, p. 71) a celeuma é sintetizada com o seguinte argumento: “o processo de aprendizagem de uma teoria depende do estudo das aplicações, incluindo a prática na resolução de problemas, seja com lápis e papel, seja com instrumentos em um laboratório”. Vale ressaltar que esta assertiva é consonante com a teoria do epistemólogo, cuja teorização enfoca o paradigma e a Ciência normal, na qual o dogma se faz necessário.

Ainda sobre o nível universitário e seu relutar contra a HFC, Sanchés Ron (1988) argumenta que quase sempre as reconstruções são muito complicadas e exigem que o indivíduo esteja familiarizado com métodos e formas de pensar obsoletos. A bibliografia

hodierna sobre a História da Ciência nos níveis superior, médio e fundamental apresentam uma série de incongruências, pois:

Incorre em erros grosseiros ignorando as relações entre o processo de produção de conhecimentos na Ciência e o contexto social, político, econômico e cultural; subentende que os conhecimentos científicos progrediram única e exclusivamente por meio de descobertas fabulosas realizadas por cientistas geniais; glorifica o presente e seus paradigmas, menosprezando a importância das correntes científicas divergentes atuais, a riqueza dos debates ocorridos no passado, as discontinuidades entre passado e presente; e estimula a ideia de que os conhecimentos científicos atuais são imutáveis (BASTOS, 1998a, p. 43).

Ao discutir sobre o uso da HFC no ensino de Ciências, Miguel (1997 *apud* GATTI, 2005, p. 39) relata:

Dificuldades como a ausência de literatura adequada ou sua natureza imprópria à utilização didática deveriam ser entendidas mais como um apelo à necessidade da constituição de núcleos de pesquisa do que como um obstáculo ao desenvolvimento das relações entre história e pedagogia. Não se pode negar que os argumentos apontam problemas de difícil solução que incluem desde a falta de materiais de qualidade que subsidiem a ação docente, passando pela formação do professor e problemas estruturais do ensino, como por exemplo, ao fato que currículos já “inchados” não poderiam incluir a discussão de questões históricas adequadamente.

Uma das análises tecidas sobre a inclusão da HFC no ensino da Física relaciona as abordagens dos assuntos histórico-filosóficos inseridos nos livros didáticos e a visão de Ciência neles contida. Sobre a temática, Kuhn (1975, p. 19) salienta que:

(...) o objetivo desses livros é inevitavelmente persuasivo e pedagógico. Um conceito de ciência deles haurido terá tantas probabilidades de assemelhar-se ao empreendimento que os produziu como a imagem de uma cultura nacional obtida através de um folheto turístico ou manual de línguas.

Ainda sobre a questão, Kuhn (1975) considera que nesses manuais a ínfima presença de registros históricos é acometida de distorções trazendo uma versão positivista dessa história com referências a grandes personagens, datas e marcos importantes. Sobretudo, imprime uma imagem cumulativa e linear do desenvolvimento científico, cujo método científico é considerado uma receita.

(...) os manuais científicos (e muitas das antigas histórias da ciência) referem-se somente àquelas partes do trabalho de antigos cientistas que podem ser facilmente consideradas como contribuições ao enunciado e à solução dos problemas apresentados pelo paradigma dos manuais. Em parte por seleção, e em parte por distorção, os cientistas de épocas anteriores são implicitamente representados como se tivessem trabalhado sobre o mesmo conjunto de problemas fixos e utilizando o mesmo conjunto de cânones estáveis que a revolução mais recente em teoria e metodologia científica fez parecer científicos (KUHN, 1975, p. 175-176).

Sobre a produção de materiais de HFC, em especial, à crítica é que o professor sempre recorrerá a uma pseudo-história. É possível afirmar que mesmo partindo de um material histórico amplo e complexo o conteúdo sofrerá linearização, um tratamento pelo qual se adapta o conteúdo às situações de ensino, até certo ponto necessário ao processo. *Grosso modo*, haverá cortes num processo de transposição didática que adeque a proposta ao nível cognitivo dos estudantes, às demandas de tempo, espaço e gestão escolar.

Críticas a esse modelo advém por partes de educadores, historiadores, filósofos e cientistas, da mesma forma que destas classes emanam contra-argumentos capazes de rebatê-las. Para Mach (1895,1943 *apud* MATTHEWS, 1992, p. 169) “a investigação histórica não somente promove a compreensão daquilo que existe agora, mas também nos apresenta novas possibilidades”. Embora argumentos neguem a importância do uso da HFC no ensino de Ciências, ela manifesta-se favoravelmente a mudança de postura frente os conteúdos ao naturalizar a evolução do conhecimento científico e possibilitar ao futuro docente uma reflexão sobre suas concepções, experiências e crenças didáticas, muitas assumidas acriticamente.

Acredita-se, desta forma, que um trabalho que favoreça um aprimoramento metodológico da questão contribua para problematizar visões consideradas superficiais sobre a NdC. Este proceder corroboraria a utilização da HFC como uma estratégia de ensino, haja vista que as visões distorcidas do trabalho científico ainda são pensadas como algo periférico.

Considerando as resistências à utilização de metodologias inovadoras, os *modus operandi* de certas disciplinas destinadas às práticas educativas e a premência de utilização da História e Filosofia da Ciência como estratégia metodológica, o problema central dessa pesquisa é, pois, o de compreender as concepções alternativas dos licenciandos acerca da NdC e as implicações destas para a formação inicial dos professores de Física.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo Geral

Analisar as concepções alternativas dos professores de Física em formação sobre a NdC a partir de uma sequência didática que utiliza a HFC enquanto estratégia de ensino.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Identificar as principais concepções alternativas sobre NdC mediante aplicação de questionários;
- Analisar a estrutura cognitiva destas concepções à luz dos corolários da Teoria dos Construtos Pessoais e dos critérios de Inteligibilidade e Plausibilidade de dos Modelos de Mudança Conceitual;
- Classificar as concepções alternativas através das categorias “visões distorcidas do trabalho científico”

1.3 Hipóteses de Pesquisa

Apontam-se as seguintes hipóteses de pesquisa:

- As concepções alternativas sobre NdC são resistentes a mudanças conceituais, ainda que estas sejam por assimilação;
- A implementação de uma sequência didática que faz uso da HFC enquanto estratégia didático-metodológica de ensino contribui para a desconstrução de algumas concepções alternativas equivocadas sobre NdC.

2 PESQUISAS SOBRE CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS, MODELOS DE MUDANÇA CONCEITUAL E TEORIA DOS CONSTRUTOS PESSOAIS

2.1 Concepções Alternativas e Modelos de Mudança Conceitual

Os pesquisadores em ensino de Ciências usam diversas terminologias para denominar as ideias prévias que os alunos trazem para a sala de aula, tais como: conceitos intuitivos, concepções espontâneas, ideias ingênuas e concepções alternativas. Dentro da pesquisa em Mudança Conceitual, uma das evidências dos trabalhos a respeito dessas sinonímias é o uso indiscriminado de tais termos para significar o conhecimento prévio discente. Dessa forma, priorizou-se a terminologia concepções alternativas atendendo aos eixos teórico e filosófico adotados nesse trabalho, salvo em algumas exceções quando se recorreu aos termos anteriormente apresentados.

Em seu trabalho, White (1994 *apud* PEREIRA, 2012, p. 25) afirma que o avanço da pesquisa educacional depende sobretudo de uma maior precisão das terminologias empregadas “para que não fiquemos perdidos no jargão, termos significativos apenas para seus inventores, com teorias divergindo a um ponto onde não há comunicação.” Os termos conceito e concepção frequentemente estão associados a modelos de mudança conceitual (MMC). No entanto, conceito pode ser uma noção classificatória, ou seja, o estabelecimento deste significa classificar adequadamente um objeto ou evento como membro de uma determinada categoria. Ou ainda, conceito refere-se ao conjunto de conhecimentos que uma pessoa pode associar ao nome deste. Nesta perspectiva, conceito muda toda vez que se aprende algo novo sobre ele. As apreensões de novos conhecimentos podem acarretar efeitos profundos no significado total que lhe é atribuído. Este processo, geralmente, envolve a revisão de crenças iniciais do sujeito e influencia sua ação. Assim, as concepções são mais entendidas como sistemas de explicações.

Nesse íterim, convém sistematizar as categorias que caracterizam as concepções alternativas as quais Santos (1991 *apud* GATTI, 2005, p. 18) reuniu em itens com seus elementos básicos:

1. Natureza eminentemente pessoal;
2. Natureza estruturada;
3. Esquemas dotados de certa coerência interna;
4. Resistentes à mudança;
5. Esquemas podem perdurar para além da aprendizagem formal;
6. São pouco consistentes;
7. Apresentam um certo paralelismo com modelos históricos.

Por outro lado, de forma mais sistêmica, as concepções alternativas são construções pessoais que possuem coerência do ponto de vista do aluno, mesmo que essas perspectivas não tenham a ver com o conhecimento científico. Essas concepções têm como principais características serem estáveis e possuírem um caráter implícito que confere ao indivíduo apropriação de uma estrutura lógica, por isso são resistentes à mudança. Neste caso, essas concepções procuram a utilidade, ou seja, respondem às demandas internas individuais, mais do que a verdade.

Um dos pressupostos da teoria construtivista é que o conhecimento é ativamente construído pelo sujeito ao invés de ser recebido passivamente.

Sendo assim, nós não podemos colocar ideias dentro das cabeças das crianças, somente elas poderão e irão construir as suas próprias ideias. Nosso esforço de comunicação não resulta no transporte de significados, mas nossa expressão evoca significados em outras pessoas, significados diferentes para cada pessoa (WHEATLEY, 1991, p. 10).

“Na tentativa de descrever as condições necessárias para que um indivíduo, partindo de suas noções intuitivas, pudesse rejeitá-las em favor de concepções cientificamente aceitas, surgem os modelos de mudança conceitual” (GATTI, 2005, p. 21). Este modelo é antagônico ao ensino tradicional no qual o aluno se comporta passivamente no processo de ensino/aprendizagem.

Estes modelos explicam como ocorre à mudança de conceitos a partir de novas ideias ou de novas evidências. Dessa forma, Cunha (1999, p. 100) aponta que:

Os modelos de mudança conceitual valorizam os esquemas prévios dos alunos e se baseiam nas teorias filosóficas de Kuhn, Toulmin e Bachelard. Ao propor estratégias para promover a mudança conceitual, alguns autores têm recorrido igualmente ao falseamento metodológico de Lakatos.

Dentre os pontos de convergências dos MMC destacam-se, a atenção para as concepções alternativas, a verificação da mudança destas e a atuação ativa do aluno neste processo de formatação de um novo e/ou significativo conhecimento.

Neste trabalho, será utilizada a abordagem clássica do MMC que faz referência ao modelo inicial proposto por Posner *et al.* (1982) e de suas revisões, através de Hewson (1982) e Hewson e Thorley (1989). Esta abordagem assume a premissa de que a mudança conceitual envolve uma substituição das concepções alternativas dos sujeitos por uma concepção científica e recebe algumas críticas por conta disso.

A pesquisa sobre a temática inaugura-se pelo esforço de epistemólogos (filósofos da Ciência) em tentar explicar as mudanças de teorias ocorridas ao longo da história do

desenvolvimento da Ciência. Thomas Kuhn defende a tese de que o desenvolvimento da Ciência ocorre através de revoluções, isto é, a Ciência Normal é a atividade científica baseada em realizações pretéritas.

Nela os membros de uma tradição de pesquisa compartilham um paradigma, que é o conjunto de compromissos básicos acerca das regras e padrões a serem empregados na prática científica. Eventualmente, a atividade científica se depara com problemas que não podem ser adequadamente resolvidos no âmbito do paradigma vigente. Quando a pesquisa científica passa a acumular um número relativamente elevado de anomalias, a comunidade de cientistas começa a perder a confiança no paradigma e surgem as investigações extraordinárias, que eventualmente levam essa comunidade a um novo conjunto de compromissos (PEREIRA, 2012, p. 27).

Situações nas quais uma teoria paradigmática é rejeitada devido ao excesso de anomalias, acabam por substituí-la por uma nova. Esta substituição, nesse caso, denomina-se revolução científica.

Como indicam Duit e Treagust (2003), na década de 1980 já existiam estudos que revelavam a não neutralidade dos sujeitos que assistiam as aulas de Ciências com relação ao conhecimento científico. Neste contexto, os estudantes não poderiam ser considerados tábulas-rasa. Pelo contrário, eles possuíam concepções de natureza coerente às suas experiências ainda que estas divergissem das sistematicamente elaboradas pela Ciência. O estudo da mudança conceitual de Posner *et al.* (1982) vai de encontro a essas concepções, ou melhor, ao processo pelo qual elas se alteram.

Sobre a influência de Kuhn, Posner e colaboradores elaboraram um modelo teórico que tentou explicar “o processo pelo qual os conceitos centrais organizadores das pessoas mudam de um conjunto de conceitos para outro conjunto incompatível com o primeiro” (POSNER *et al.*, 1982, p. 211). Este processo considera que se um novo conceito for compatível com as concepções iniciais do estudante, por um processo denominado assimilação, esse conceito será incorporado à sua estrutura conceitual. Por outro lado, caso esse conceito seja conflitante às concepções alternativas discentes, haverá a promoção de uma substituição ou uma reorganização severa desse conceito à estrutura conceitual do estudante, através de um processo de acomodação. Apesar de assimilação e acomodação serem termos piagetianos, em nada implicam um compromisso dos autores para com a teoria de Piaget.

O MMC de Posner *et al.* (1982) sustenta-se em dois componentes: critérios de mudança e ecologia conceitual. O primeiro emana do modelo clássico de mudança em situações de acomodação sejam eles, Insatisfação, Inteligibilidade, Plausibilidade e Fertilidade. Em linhas gerais, a proposta dos modelos de mudanças conceituais arquitetada a partir de quatro condições a serem cumpridas para que a acomodação ocorra:

1) Deve haver insatisfação com as concepções existentes, já que é improvável que cientistas e estudantes realizem uma mudança profunda em suas concepções sem que tenham perdido a fé em sua capacidade de resolução de problemas. 2) A nova concepção deve ser inteligível, ou seja, deve ser compreensível em sua estrutura cognitiva. 3) A nova concepção deve parecer inicialmente plausível. Qualquer nova concepção adotada deve ao menos parecer ter capacidade para resolver os problemas gerados por suas predecessoras, caso contrário não parecerá uma escolha plausível. 4) A nova concepção deve sugerir a possibilidade de um frutífero programa de pesquisa, ou seja, deve ser útil, resolver problemas e abrir novas perspectivas (POSNER *et al.*, 1982 *apud* GATTI, 2005, p. 22).

Portanto, para que ocorra acomodação, os estudantes precisam estar insatisfeitos com relação às suas concepções prévias, na mesma ou maior proporção com que eles acreditam em uma nova concepção. O fato é associado à relação entre a estrutura lógica da concepção e às experiências antecessoras do sujeito, que indicam ainda o grau de inteligibilidade da concepção reconhecido pelo sujeito. Ainda, em complemento aos dois critérios anteriores, a nova concepção precisa parecer plausível, superar o antigo e apresentar um novo paradigma à sua estrutura de conceitos, para que a mesma ainda possa ser útil e fértil.

Para melhor compreender a teoria da acomodação, devem-se conhecer as condições em que ocorre a substituição de um conceito central por outro e quais características da ecologia conceitual determinam a apreensão de novos conceitos. Em relação à ecologia conceitual, vale dizer que esse termo é oriundo de Toulmin (1972). Recorre-se a essa analogia para significar o conjunto de conceitos e ideias dos estudantes aprofundados em crenças epistemológicas e formados por artefatos cognitivos, anomalias, analogias, metáforas, crenças metafísicas e conhecimento de outras áreas de investigação.

Desse modo, os conceitos apresentam uma interdependência a qual a mudança em um conceito incorre na mudança dos demais. Outro aspecto considerável retoma a questão da estrutura da rede de inter-relação desses conceitos que, embora ocupem “nichos” conceituais divergentes, podem competir entre si. Segundo Hewson e Hewson (1992), ecologia conceitual é necessária ao estudante para que o mesmo tenha discernimento para avaliar se determinado conceito satisfaz aos critérios acima descritos necessários à acomodação. Assim, esta ecologia influencia a seleção de um novo conceito central e governa o processo de mudança conceitual.

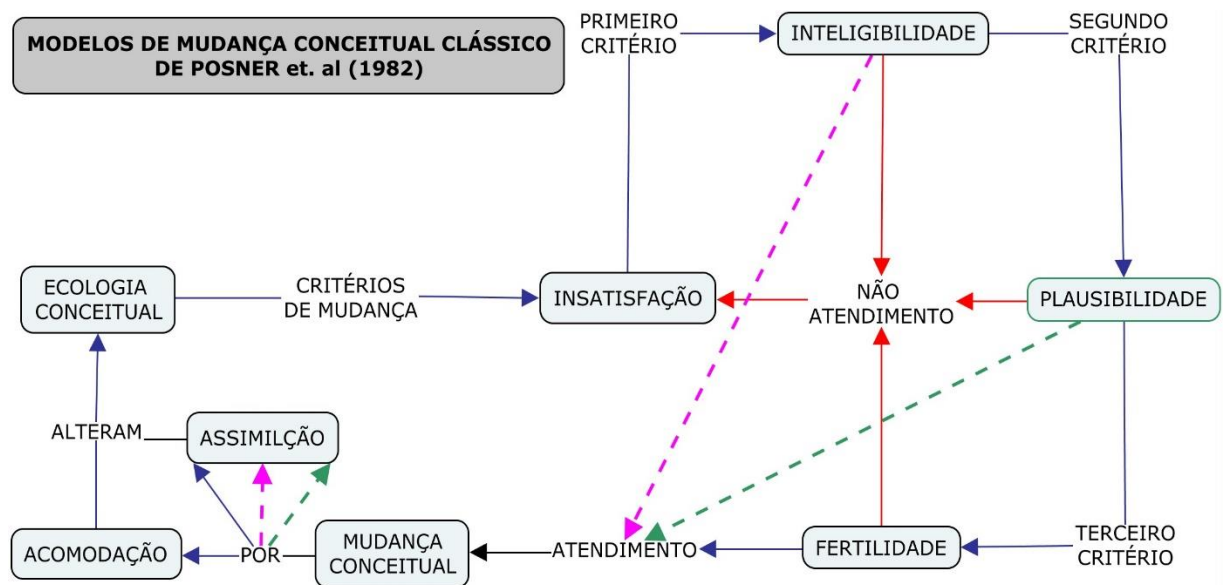
“A proposta de Posner assume a aprendizagem como uma atividade racional, fundamentalmente voltada para a compreensão e aceitação de ideias que pareçam ser inteligíveis e racionais” (GATTI, 2005, p. 22). Por vezes, os estudantes utilizam conceitos prévios para abordar um novo fenômeno, caracterizando a primeira fase da mudança conceitual denominada assimilação.

Todavia, nem sempre as concepções dos estudantes são adequadas para viabilizar satisfatoriamente a compreensão de um novo fenômeno. O indivíduo deve substituir ou

reorganizar seus conceitos estruturantes, caracterizando a forma mais radical de mudança conceitual conhecida como acomodação.

O esquema a seguir, figura 1, sintetiza/organiza as relações para o processo de mudança conceitual segundo Posner *et. al.* (1982):

Figura 1 – Modelos de Mudança Conceitual Clássico



Fonte: POSNER et al. (1982).

O MMC de Posner *et al.*, (1982), no entanto, é passível de críticas. Dentre as mais incisivas, destacam-se a que questiona a possibilidade do abandono das noções alternativas, sob a justificativa de que a apreensão de um conhecimento científico não necessariamente implica na eliminação de antigas concepções. Para Solomon (1983, p. 49), os conhecimentos prévios dos alunos embasam-se no convívio social.

No discurso diário e através dos meios de comunicação de massa, nossas crianças são confrontadas com suposições implícitas sobre como os objetos se movem, sua energia e suas propriedades, que podem estar em conflito direto com a explicação científica que aprendem na escola. Fora do laboratório escolar, estes adolescentes estão sendo continuamente socializados em um repertório completo de explicações não científicas. Um exame de reportagens de jornal e da linguagem cotidiana torna clara a disseminação deste processo subversivo.

Logo, a argumentação contrária aos modelos sustenta-se no pressuposto da impossibilidade de extinção das noções cotidianas. Em suma, os estudantes parecem operar e pensar em dois diferentes domínios de conhecimento e diferenciar cada um deles.

Hewson (1982) reelabora um MMC baseado no original de Posner *et al.*, (1982), denominando a “assimilação de “captura conceitual” e a “acomodação de “troca conceitual”. Não se trata de uma mera mudança de nome. Está relacionada à noção de *status* de um conceito, introduzida por Hewson (1982) demarcado mediante os critérios de inteligibilidade, plausibilidade e fertilidade. Desse modo, quanto mais critérios forem atendidos maior o *status* conceitual.

A dificuldade de mudar radicalmente uma concepção é abordada por Cunha (1999, p. 87), ao inferir que:

(...) a Mudança conceitual raramente envolve um abandono completo de uma noção a favor de uma outra. Do contrário, com frequência envolve adição de novas noções, retenção de noções existentes e aquisição de um sentido do contexto no qual a nova noção é mais apropriada.

Hewson e Hewson (1992 *apud* GATTI, 2005, p. 24) consideram os graus de mudança conceitual conforme três variedades:

No primeiro tipo, o entendimento prévio do sujeito é extinto e substituído por uma nova concepção; No segundo, a mudança envolve a aprendizagem de conceitos novos que deverão estabelecer conexões com o que o aluno já sabe. É a “captura conceitual”; Na terceira variedade, uma concepção é escolhida. Os autores utilizam para ilustrar essa situação a analogia da eleição para um cargo político na qual, entre dois candidatos, um torna-se prefeito, mas ambos continuam a viver na cidade.

Assim sendo, as mudanças conceituais dos estudantes assemelham-se a última variedade, quando os indivíduos tendem à concepção que lhe parece mais plausível. Nesse caso, cabe ao aluno decidir se tais concepções satisfazem os critérios e isso depende em demasia da ecologia conceitual. Em termos hierárquicos, um conceito não pode ser considerado frutífero caso não seja plausível, do mesmo modo que não pode ser plausível sem antes ser inteligível.

No contexto do ensino, cabe ao professor promover uma redução no *status* de concepções alternativas dos discentes, ao passo que eleva o *status* das concepções científicas. Tem-se três estratégias precípuas para a promoção de uma mudança conceitual no ensino de ciências: (a) a indução de conflito cognitivo, através da apresentação de dados anômalos; (b) o uso de analogias para orientar a mudança conceitual nos alunos e; (c) a aprendizagem colaborativa para promover a discussão coletiva de ideias (LIMÓN, 2001).

Os MMC original de Posner e o expandido por Hewson, apesar de criticados, tornaram-se uma abordagem dominante na pesquisa em educação em ciências, influenciando pesquisadores da área a considerarem a aprendizagem como um sinônimo de mudança conceitual (NIEDDERER; GOLDBERG; DUIT, 1991). Sob a acusatória de fracasso dessas

iniciativas, a abordagem clássica foi severamente criticada (DUIT; TREAGUST, 2003). A primeira questão diz respeito ao pressuposto da substituição que, embora, hodiernamente não seja mais um empecilho à teoria, provocou algumas celeumas teóricas. Uma vez que insatisfeitos com suas concepções e, abandonando essas em favor de uma nova concepção científica, que seja mais inteligível, plausível e frutífera, a educação em ciências se restringiria em erradicar as concepções alternativas dos estudantes por meio da instrução, o que não se configura uma verdade absoluta.

A fim de articular de forma mais coerente o modelo de mudança conceitual, Posner e Strike (1992) modificaram o modelo proposto por eles inicialmente, tendo em vista a gama de fatores que descrevem a ecologia conceitual dos estudantes, considerando motivos, objetivos e suas fontes institucionais e sociais. Sobre as relações entre concepções científicas e alternativas como parte da ecologia conceitual dos alunos, elas devem interagir com outros componentes e podem existir em diferentes modelos de representação e níveis de articulação.

Seguindo a crítica aos modelos, a tentativa de descrição da mudança conceitual presente, a princípio, no trabalho de Posner e Strike (1992), não tinha necessariamente implicações didáticas, muito menos generalizava a informação de que para toda mudança conceitual impreterivelmente aconteceria uma acomodação. Em seus expedientes, essas ideias prévias tanto podem ser a base para o desenvolvimento de novos conceitos como podem, dependendo dos critérios de inteligibilidade e plausibilidade, dificultar esse tipo de apreensão conceitual.

Asseverando a discussão, existe uma possibilidade eminente de coexistência de dois sentidos relacionados a um mesmo conceito, sendo esses utilizados seletivamente em contextos apropriados. Nesta problemática, advém a dificuldade de os estudantes abandonarem suas noções cotidianas. Mediante a noção de perfil epistemológico de Bachelard, existem elementos suficientes para entender a permanência das ideias prévias por indivíduos que tiverem um ensino formal, considerando a destinação de tais noções, haja vista que as mesmas não serão abandonadas. Esta ideia de Bachelard aponta para pluralidade de um conceito quando utilizado em circunstâncias particulares.

No Brasil, a teoria dos perfis conceituais de Mortimer (1995) é uma analogia aos perfis epistemológicos de Bachelard (1968). O autor argumenta ser possível usar diferentes pontos de vistas em contextos igualmente diversos e que não necessariamente um novo conceito substitui uma concepção prévia. Para tanto, o processo de ensino/aprendizagem implica a modificação do perfil conceitual, sobretudo, promovendo uma conscientização das

diferentes zonas que constitui o perfil, congregando tanto ideias científicas como as de senso comum.

Segundo Mortimer, a noção de perfil conceitual pode ser definida como:

(...) um sistema supra individual de formas de pensamento que pode ser atribuído a qualquer indivíduo dentro de uma mesma cultura. Apesar de cada indivíduo possuir um perfil diferente, as categorias pelas quais ele é traçado são as mesmas para cada conceito. A noção de perfil conceitual é, portanto, dependente do contexto, uma vez que é fortemente influenciado pelas experiências distintas de cada indivíduo; e dependente do conteúdo, já que para cada conceito em particular tem-se um perfil diferente (MORTIMER, 1995, p. 70).

De acordo com o autor, a ausência de mudanças radicais não se configura um fracasso, pois é incontestável a presença das noções cotidianas no perfil conceitual do indivíduo.

Na discussão sobre mudança conceitual tem destaque a metacognição. Nesta perspectiva, a mudança reduz-se a aspectos de reconhecimento, avaliação e reconstrução. Sob a tutela de um argumento mais simplista, o indivíduo deve conhecer a existência e a natureza de suas noções para poder optar pela manutenção ou reconstrução de suas concepções iniciais. Para isto, é necessário que se tenha consciência de que cada indivíduo constrói seu próprio significado a partir da experiência, o que resulta dizer que a compreensão é individual e diferenciada. Existem exemplos em que construções individuais e diferentes podem apresentar pontos em comum. Logo, as concepções alternativas envolvem a intrínseca relação entre novas ideias e experiências anteriores.

Ainda sobre a relação entre metacognição e construtivismo, Gunstone (1991, p. 135-136) afirma:

Por metacognição eu quero dizer amálgama do conhecimento do estudante, consciência e controle, relevantes para sua aprendizagem. (...) uma aprendizagem metacognitiva apropriada é a que pode efetivamente assegurar um processo construtivista de reconhecimento, avaliação e, quando necessário, reconstrução das ideias existentes.

Diante da diversidade de propostas que este campo de pesquisa oferece, sua implicação didática diz respeito, principalmente, ao trabalho do professor de Ciências que tem a responsabilidade de instigar aos alunos para que chequem suas concepções e conceitos através de momentos de reflexão e escolha. Enfim, o processo somente fará sentido, ou seja, a concepção só terá nova significância, se o contexto de sala de aula favorecer a autonomia do aluno, bem como seu caráter questionador, reflexivo e crítico. Sobre a questão Silveira (1992 *apud* Peduzzi, 1998, p. 73) ressalta que:

(...) indicador de que a consolidação de uma nova teoria ocorreu no aluno é a sua capacidade de responder a situações problemáticas de ambas as formas, de acordo

com as concepções alternativas e de acordo com a nova teoria, verbalizando a consciência de que essas respostas estão assentadas sobre teorias diversas.

Contudo, não se configura função do ensino formal a substituição radical da concepção alternativa em saber científico. Este processo, principalmente, diz respeito à compreensão consciente dos indivíduos, tanto no que se refere às suas concepções quanto aos conceitos científicos apreendidos durante o processo, possibilitando que o indivíduo aprenda na medida que difere o conhecimento científico de suas noções espontâneas. Este cenário exige do professor de Ciências preparação para lidar com o modelo e embasamento teórico sobre a aprendizagem em Ciências.

“Assim, a promoção de discussões sistemáticas sobre os resultados de pesquisas referentes aos modelos de mudança conceitual e às concepções alternativas parece ser uma das atividades que facilitam a construção de uma concepção de ensino como mudança conceitual” (MARION *et al.*, 1999, p.3).

Tal proceder não leva em conta que os professores possuem concepções prévias sobre os processos de ensino/aprendizagem. “Dessa forma, os futuros docentes necessitarão passar por uma mudança conceitual com respeito às suas concepções sobre ensino/aprendizagem, ciência e/ou natureza do conhecimento” (HEWSON *et al.*, 1999b, p. 254). Por sua vez, os modelos construtivistas exigem competências e habilidades do professor que vão além de seus dogmas didático-metodológicos.

Portanto, a formação inicial do docente deve permitir que ele repense suas concepções e até as abandone para que possa aceitar novas metodologias de ensino. Em consonância com os modelos de mudança conceitual e com o construtivismo em si, nas sessões seguintes apresentarão a Teoria dos Construtos Pessoais de George Kelly e o ciclo de experiência decorrente dessa que tem valor teórico e operacional para o desenvolvimento dessa pesquisa.

2.2 Teoria dos Construtos Pessoais de George Kelly

A interpretação da Psicologia enquanto Ciência é do final do século XIX e produto de uma amálgama entre Filosofia e Fisiologia Experimental. Existem, de modo generalista, duas correntes psicológicas diferentes: psicologia geral e psicologia da personalidade. A primeira modalidade tem por base dados laboratoriais. É influenciada pela fisiologia e denomina seus adeptos como psicólogos experimentais. Por sua vez, o segundo grupo tem seus dados oriundos da psicologia clínica, fato que não o desvincula da fisiologia, sendo chamados de psicólogos teóricos, os adeptos desta corrente.

O estudo clínico da personalidade contribuiu bastante para determinar a natureza da teoria da personalidade. Os experimentalistas baseavam seus trabalhos nos valores e rigores das Ciências Naturais e os teóricos buscavam suas inspirações em percepções intuitivas e em suas próprias sensações (FERREIRA, 2005, p. 37).

Mediante breve explanação, destaca-se o caráter dissidente dos teóricos da personalidade que os guiam às questões fatídicas, como o papel dos traumas infantis no ajustamento adulto, as condições em que a saúde mental poderia ser recuperada e as principais motivações responsáveis pela conduta humana. Caráter esse, que conferiu ao sucesso do novo ramo científico. “Apesar de investigar questões centrais sobre a conduta humana, isto não indica um esclarecimento a respeito dela, basta perceber que as várias teorias da personalidade têm um caráter particular, sendo difícil conciliá-las” (HALL; LINDZEY, 1984 *apud* FERREIRA, 2005, p. 37).

Os adeptos da Teoria da Personalidade acreditam que a compreensão do comportamento humano só é possível a partir do estudo de sua personalidade, somando a este fator o relevante papel motivacional, ou seja, a preocupação está centrada no indivíduo como um todo e na razão de seus ímpetus comportamentais. Dessa forma, o psicólogo da personalidade preocupa-se com fatores reconstroem e integradores em detrimento de estudos segmentados da conduta dos observados. Em resumo, diz-se que o teórico da personalidade ordena o escopo de vários delineamentos de especialidades da Psicologia.

Por sua vez, o entendimento amplo desse estudo será possível se houver uma compreensão que diferencie personalidade de teoria da personalidade. Com base no senso comum, a personalidade é a impressão marcante que o indivíduo causa nas outras pessoas. Segundo Hall e Lindzey (1984), pode-se definir a personalidade do ponto de vista biossocial. Em termos da importância social em uma perspectiva globalizante, o teórico procura perceber os conceitos mais importantes utilizados para descrever o indivíduo e define a personalidade a partir deles. Uma vez que este trabalho tem viés construtivista, a definição de personalidade aqui adotada estreita-se com a ideia de que as pessoas constroem e reconstroem a realidade à qual se inserem e isso tem origem nas experiências vividas anteriormente como sugere Kelly.

A abordagem de George Kelly à personalidade baseia-se na suposição de que os indivíduos constroem a realidade a qual respondem, e a resposta está baseada no uso que o indivíduo faz de sua experiência em contextos prévios similares para antecipar as consequências do comportamento (HALL; LINDZEY; CAMPBELL, 2000).

Ressalta-se que a definição de personalidade adota um caráter cognitivo preponderante ao passo que se estreita a construção da realidade a experiências predecessoras. Posto isto, para cada processo de construção que o indivíduo se submete existirão reflexos em seu

desenvolvimento cognitivo. A referência central no aspecto cognitivo na teoria de Kelly (1963) indica que ela pode ser usada como referencial teórico em estudos envolvendo ensino-aprendizagem.

Em relação a uma teoria da personalidade, é possível dizer que é um conjunto de postulados sobre o comportamento humano que se inter-relacionam a fim de permitir uma relação com dados empíricos e observáveis. Por natureza, tais teorias são amplas, tentam entender e descrever o comportamento humano e, em certa medida, adotam um pressuposto de previsibilidade deste comportamento.

Por conseguinte, embora decorrente das teorias da personalidade, existem àquelas mais restritas como as motivacionais e as da aprendizagem. Essas, por sua vez, ao passo que se restringem, convergem para teorias gerais do conhecimento. Fato esse que as habilita a serem utilizadas para a promoção do desenvolvimento cognitivo. Kelly (1963) coloca a aprendizagem como o aspecto fundamental de sua teoria possibilitando a utilização em trabalhos de pesquisa em ensino/aprendizagem.

Publicada em 1955 pelo físico e psicólogo George Kelly (1905 - 1967), a Teoria dos Construtos Pessoais (TCP) baseia-se em uma filosofia cujo próprio autor denominou de alternativismo construtivo segundo o qual “todas as nossas interpretações do universo estão sujeitas à revisão ou substituição” (KELLY, 1970, p. 15). As pessoas são livres para escolher como querem ver o mundo e seus comportamentos decorrem dessas escolhas. Elas são responsáveis por suas ideias e por suas mudanças. Assim, as pessoas constroem modelos efêmeros para compreenderem a si, os fenômenos no seu entorno, predizer e controlar eventos futuros que são avaliados sob o julgamento de critérios pessoais e alterados mediante os resultados desse julgamento.

O ser humano não se limita a viver no universo respondendo a seus estímulos, mas possui a capacidade de representá-lo; isto implica que o homem pode realizar representações ou construções diferentes/alternativas a respeito do mesmo e modificá-lo, se está em desacordo com ele (GARGALLO; CANOVAS, 1998, p. 150).

No entanto, há certos graus de liberdade e de caminhos alternativos a serem percorridos. A todo o momento as pessoas tomam decisões escolhendo o melhor caminho a ser seguido baseado em sua experiência de vida. Esse posicionamento é uma mistura de livre arbítrio com determinismo como assinalam Hall, Lindzey e Campbell (2000).

A postura filosófica de Kelly se insere em uma tentativa de equilíbrio entre o empirismo e a lógica pragmática sempre vigente na mais pura tradição americana, e o racionalismo/idealismo procedente de uma tradição mais europeia. O homem se aproxima do mundo a partir de suas construções (racionalismo), porém tais

construções se confrontam experimentalmente com a realidade. Isto provoca uma separação do realismo tradicional (GARGALLO; CANOVAS, 1998, p. 151).

O trecho citado aponta para um rompimento com o empirismo fundamental e com o inatismo tradicional, na tentativa de uma fusão entre dois delineamentos filosóficos díspares, conduzindo a uma busca pelo construtivismo.

A formação em Ciências exatas e Ciências humanas, a não inclinação ao atendimento de pessoas com distúrbios psiquiátricos, a orientação acadêmica e o atendimento clínico de pacientes capazes de discutir seus problemas lúcida e racionalmente, conduziu George Kelly para uma psicologia peculiar se comparada às demais. Em sua obra *The Psychology of Personal Constructs* estabeleceu as bases de sua teoria (KELLY, 1963).

A síntese kellyana está centrada na ideia de construto. O termo significa “hipótese que o indivíduo elabora e utiliza para descrever pessoas, conceituar coisas ou, de uma forma mais geral, para antecipar eventos” (FERREIRA, 2005, p. 41). Cabe o adendo que os construtos possuem natureza dual como, por exemplo bom-ruim, alto-baixo, gordo-magro. Por outro lado, pode-se entender os eventos daqui em diante como sendo situações sociais, pessoas ou coisas. Schultz e Schultz (2004, p. 341) entendem construto como “hipótese intelectual que são elaboradas para explicar os eventos da vida”. De acordo com o próprio Kelly (1963, p. 105) “um construto é a forma pela qual algumas coisas são interpretadas como sendo parecidas e, no entanto, diferentes de outras”. Em suma, o referido termo não se configura uma mera classificação e, sim, um modo de predizer eventos *a posteriori*. Quanto a sua utilidade, esse é determinado pela exatidão das previsões que se formulam a partir dele.

Cabe, ainda na TCP, a metáfora do homem-cientista. Esta enfatiza que o homem exposto a determinadas situações, pessoas e objetos, elabora hipóteses de serventia descritiva. Através dessa categorização o homem constrói a realidade e a sua personalidade, ou seja, a si mesmo. No caso dessas hipóteses serem equivocadas, novas hipóteses se apresentarão no sentido de superar a erroneidade de sua antecessora. Nesse contexto de elaboração, confirmação e/ou refutação, análogo ao do cientista, é que se deve a metáfora do homem-cientista. Como relatam Hall, Lindzey e Campbell (2000), a ideia dessa metáfora surgiu quando Kelly alternava seu atendimento entre orientação a estudantes de mestrado e atendimento clínico de seus pacientes. Percebeu que durante toda a tarde, ao atender seus estudantes ou seus pacientes, fazia a mesma coisa atuando como um cientista. Contudo, o homem se distancia do cientista quanto a precisão de suas previsões. Enquanto o cientista controla as variáveis de estudo mediante embasamento científico e tem reconhecimento por

parte da comunidade científica, o indivíduo tem como alicerce apenas suas experiências anteriores. Assim, Gargallo e Cánovas (1998, p. 151) explicam:

Em resumo, o homem ao longo de sua perspectiva histórica, pode ser considerado como um cientista recém-iniciado. Todos os seres humanos formulam predições a respeito dos fenômenos e acontecimentos que procuram explicar, prever e controlar seu curso. As construções que realizamos nos ajudam nesse esforço preditivo. Posteriormente, as construções se confrontam com os acontecimentos aos quais se referem para validar sua eficácia, e, se são inadequadas, se modificam. É o mesmo procedimento do cientista profissional, que confronta suas hipóteses e teorias com dados experimentais ainda que as ferramentas de contraste não sejam tão precisas.

As demais teorias da personalidade possuem em seus escopos teóricos e filosóficos questões sobre o aspecto motivacional. No que se refere à TCP, em relação à motivação, Kelly difere dos outros teóricos quando a considera algo intrínseco ao ser humano.

(...) Kelly propôs que “motivação” é um construto desnecessário e redundante. Ele tinha duas objeções fundamentais. Primeiro, os modelos motivacionais são usados para explicar por que uma pessoa é ativa ao invés de inerte. Mas, segundo Kelly, as pessoas são ativas por definição, de modo que não precisamos explicar o “porquê” delas serem ativas: elas são ativas porque estão vivas! (...) Segundo, coerente com a ênfase no construtor, Kelly rejeitava os motivos como rótulos que impomos aos outros. Esses rótulos têm mais utilidade para compreendermos a visão de mundo da pessoa que os oferece do que o comportamento da pessoa que está sendo rotulada (HALL; LINDZEY; CAMPBELL, 2000, p. 333-334).

Em resumo, a TCP de George Kelly alicerça-se na ideia de construto, ou seja, em representações intelectuais utilizadas pelos indivíduos para antecipar ou descrever situações sociais, pessoas e objetos. Filosoficamente a TCP tem embases no alternativismo construtivo que assume o pressuposto de que todas as interpretações do universo são sujeitas a revisões e (re)construções. Cognitivamente, a teoria da personalidade de Kelly recorre à metáfora do homem-cientista para descrever como o indivíduo se desenvolve nesse aspecto. Tal como o cientista, o homem está a todo o momento elaborando e testando hipóteses para confirmá-las, e/ou reelaborá-las. Quanto à motivação, Kelly a considera uma categoria inata do ser humano, sendo dispensada, nesse enfoque, uma justificativa para a mesma. A partir desses pilares norteadores é que se assentam o postulado da TCP, seus corolários e o ciclo da experiência.

“Os processos de uma pessoa são canalizados pelas formas como se antecipa eventos” (KELLY, 1963, p. 46), assim está explicitado o postulado fundamental da TCP. Este assume o pressuposto de que os processos psíquicos de uma pessoa, inclusive os de conduta externa, determinam-se mediante a postura do indivíduo em antecipar situações. Entende-se por processo o entendimento de mundo do indivíduo que é orientado por suas crenças, ou seja, pelo que acredita que vai acontecer se tomar determinada atitude. Esta configuração resume o

que se entende por antecipação. Diante da antecipação, que não se restringe apenas à elaboração de hipóteses, mas é uma oportunidade de questionamento das mesmas, de convicções e crenças primárias, outro aspecto relevante que merece destaque é o da experiência. Quando o indivíduo entra em contato com um evento, é estimulado a fazer predições com maior ênfase. A partir desse postulado fundamental se apresentam 11 corolários sobre os quais se desdobram a TCP, sejam eles construção, experiência, escolha, modulação, dicotomia, organização, fragmentação, série, individualidade, comunidade e sociabilidade.

Seja o corolário da Construção: uma pessoa antecipa os acontecimentos construindo suas réplicas. Como comentado anteriormente, em contato com fenômenos externos, os indivíduos elaboram processos de abstração mediante os quais encontram uma ordem e uma lógica. Aqui é importante destacar os termos antecipa e cópias (HALL; LINDZEY; CAMPBELL, 2000). “O primeiro termo refere-se a tentar prever o que vai acontecer quer seja numa situação social, no comportamento de uma pessoa ou em relação a algum fenômeno físico” (FERREIRA, 2005, p. 127), por exemplo:

Quando se fala em comportamento dual da luz a um aluno ou a um grupo de alunos, certamente irão associar, se já tiveram algum contato mesmo que superficial, ao termo dual, o comportamento ondulatório ou corpuscular da luz ou então, se não tiveram nenhum contato com o termo, irão imaginar que a luz deve apresentar dois tipos de comportamento, associando a palavra dois à palavra dual ou poderá acontecer qualquer outra coisa dependendo do indivíduo que antecipa o evento “comportamento dual luz”. O fato é que todos antecipam o evento, ou seja, o aluno mais bem inteirado do assunto ou o aluno com conhecimento superficial tenta, à sua maneira antecipar o que vem a ser o comportamento dual da luz e isso ocorre sem a necessidade de uma motivação externa.

Ainda sobre a Construção, o outro termo de destaque é o da cópia. Quando o aluno associa os termos ondulatório e corpuscular ao comportamento da luz, por exemplo, ele está a construir réplicas de algo que, pelo menos, tentou familiarizar-se, seja por intermédio de experiências científicas, seja pela leitura ou, até mesmo, pela retórica didática docente em sala de aula. Desse modo, a elaboração do sistema de construção dá-se mediante a antecipação de eventos. É nesse tipo de ocorrência que os construtos pessoais se elaboram. Posto isto, entende-se que esta antecipação ocorre a partir da promoção de réplicas das experiências significativas vivenciadas pelo indivíduo. Neste caso, a experiência esboça-se como um eixo fundamental à construção da ecologia conceitual dos sujeitos, haja vista que esta concentra construtos de variadas matizes que vão desde o senso comum ao conhecimento sistematizado de cada pessoa, evidenciando, assim, a indissociabilidade entre construção e experiência.

Dando prosseguimento, o Corolário de individualidade diz o seguinte: As pessoas diferem umas de outras pelo modo como constroem os acontecimentos. Para Kelly, personalidades diferem-se entre si por conta dos processos cognitivos de construção. Fato que pode ser evidenciado quando duas pessoas com histórias, contextos e culturas similares apresentam personalidades distintas, algo justificado por estes indivíduos formularem processos psíquicos diferentes. Contudo, George Kelly não manifesta opinião quando se trata do inverso dessa configuração, ou seja, quando pessoas com históricos distintas assumem personalidades similares.

De acordo com o corolário da Organização: Cada pessoa desenvolve, de modo característico e com arranjo a sua conveniência para antecipar acontecimentos, um sistema de construção que implica relacionamentos ordinais entre os construtos. Embora os indivíduos não disponham das mesmas construções e mesmo se dispusessem, não apresentariam as mesmas disposições hierárquicas. Logo, a organização de um conjunto de construtos tem por objetivo evitar o confronto que pode vir a ser criado quando, pelo menos, duas destas estruturas apresentam antecipações díspares, ou, até mesmo, contraditórias acerca de um mesmo evento. Essa hierarquia sistêmica e ordinal entre os elementos desse conjunto organiza e estabelece prioridades quando um destes se sobrepõe aos demais.

No que refere ao corolário da Dicotomia, este se apresenta da seguinte maneira: O sistema de construtos de uma pessoa compõe-se de um número limitado de constructos dicotômicos. Depreende-se daí que o modo pelo qual se assimila a realidade está estruturado na disposição de construções pessoais bipolares. Estas, no entanto, caracterizam-se por conjugarem dois elementos que se assemelham em determinada característica e um terceiro que diferencia-se dos anteriores, sendo denominado corte. Uma vez bipolares, cabe uma descrição desses polos. De um lado, encontra-se o polo nominal que representa uma convergência de similaridade entre construtos e do outro tem-se o polo contraste que se opõe ao primeiro sendo o seu contrário ou negativo. Assim, toda a estrutura do sistema cognitivo se presta a análise desse binário.

Os construtos que, *a priori*, apresentam-se contínuos e de maneira não dicotômica, podem ser categorizados em sub-construtos dicotômicos, cuja combinação resulta uma aparente escala desgraduada. Daquele que se conhece o polo nominal denomina-se construto submerso, no qual existe um polo emergente e outro implícito. Cabe ao pesquisador a missão de elucidar a expressão verbal de ambos os polos e extrair o aspecto subjetivo dos indivíduos.

De acordo com o corolário da Eleição: Uma pessoa elege para si mesma aquelas alternativas dos construtos dicotômicos através das quais antecipa a maior possibilidade de extensão e/ou definição de seu sistema. No excerto acima, quando o autor faz referência a uma eleição para si, tem-se a ideia de que ele acredita que o indivíduo opta por um dos polos, pelo extremo dicotômico que mais lhe parece lógico e ordinal. “De um modo geral, as pessoas constroem-se a si mesmas utilizando polo de cada constructo que lhes sirva melhor para predizer os acontecimentos” (GARCÍA, 2016, p. 04). A predição é consoante com o conceito de elaboração do sistema que pode ser por extensão ou definição. Quando esta elaboração se dá por extensão abre-se a categoria de conveniência das construções pessoais os de modo a abarcar o maior número de fenômenos. Quando elaboração ocorre mediante definição, existe neste proceder uma maior precisão. A cada predição melhora-se o número reduzido de acontecimentos, logo a precisão preditiva apoia-se no número limitado de fenômenos que abrange. Contudo, cabe ao indivíduo a escolha, seja por elaborar um sistema por extensão ou por definição.

Em analogia às teorias científicas, as construções pessoais recorrem à categoria de sua conveniência que não fogem dos limites pessoais, mostrando-se inúteis a extrapolações. Quando se fala em foco de conveniência refere-se àqueles aspectos para os quais são especialmente adequados. Nesse sentido, o corolário da categoria enfatiza que todo construto é conveniente para anteciper uma categoria limitada de acontecimentos.

Tal como o corolário da construção, o corolário da Experiência destaca-se entre os demais pelo fato de estar intimamente ligado ao aspecto cognitivo da TCP. Tal corolário assegura o seguinte: O sistema de construção de uma pessoa varia com a construção sucessiva de réplicas dos acontecimentos. Para Geiwitz (1973, p. 174), “este é o corolário da aprendizagem” e Hall, Lindzey e Campbell (2000, p. 338) reforçam que “a aprendizagem faz parte do processo geral de antecipação e de reinterpretação no sistema de Kelly”.

Desse modo, quando se antecipam eventos construindo réplicas, o sujeito elabora seu sistema de construção ao passo que associa, rejeita e/ou remodela seu sistema de construtos. Vale corroborar a posição de que as cópias de eventos, situações sociais, pessoas e objetos produzidos pelo indivíduo baseia-se em suas experiências predecessoras. Que fique claro que o corolário da Experiência não diz respeito à interpretação de dada sequência de eventos em si. Pelo contrário, sua especificidade relaciona-se a sucessivas (re)interpretações de um mesmo evento. “Não é o que acontece perto dele que o faz um homem experiente, é a sucessiva construção e reconstrução do que aconteceu, como aconteceu, que enriquece a experiência de vida dele” (KELLY, 1963, p. 63).

Há alguns termos que se apresentam na TCP de George Kelly merecedores de destaque e se mostram úteis à interpretação do corolário da Experiência. São eles: sistema, variação, sucessivamente e réplica de eventos.

Segundo Kelly (1963, p. 72), “o sistema consiste, justamente, no agrupamento desses elementos nos quais as incompatibilidades e as inconsistências são as menores possíveis. De certa forma, os construtos pessoais se dispõem em uma relação ordinária característica para cada indivíduo”. Diante disso, pode-se afirmar que a construção é sistemática e tem características regulares. Dessa forma, tal como se constata no processo de ensino/aprendizagem, a construção para o indivíduo não se restringe ao refinamento de processos de abstração e generalização, mas sim em uma forma pela qual se correlaciona eventos, entendendo a sua diversificação. Por fim, o que configura o processo de construção os critérios de regularidade e a correlação entre eventos.

Na visão de Kelly, o termo variação se refere à mudança dos construtos pessoais do indivíduo independente da direção desta. Corroborando esta perspectiva, há de existir mudanças nas mais variadas direções, que não necessariamente apontam para o conceito mais adequado a determinadas questões, ou, até mesmo, podem apontar para um sentido de desestabilização do construto ora consolidado.

Em outra perspectiva, a variação no sistema pode seguir em uma direção de estabilidade, construindo, nesse expediente, pré-requisitos resistentes à mudança. O ensino intenta essa estabilidade e a consolidação de conceitos alicerçados em bases resistentes. Contudo, estes devem apresentar uma maleabilidade suficiente para reinterpretar e abandonar de teorias e conceitos ineficazes em detrimento de outros mais plausíveis e inteligíveis.

“A alteração no sistema de construção de um indivíduo ocorre devido à interpretação e reinterpretação de um mesmo evento como indica este corolário, bem como devido à sequência de eventos”, como indica Kelly (1963, p. 73). Em seu glossário Kelly utiliza o termo sucessivamente para referir-se às recorrentes interpretações e reinterpretações tanto de um evento quanto de uma sequência destes. A construção pode ser vista como um processo e como tal possui início e fim, podendo ser encarada como uma sequência de eventos, isto é, a cada evento que o indivíduo vivencia este altera seu sistema de construção. Em suma, a construção ocorre evento a evento, sucessivamente, sendo sua dimensão precípua ao tempo.

A variação do sistema, quer seja ampliando, diminuindo ou reafirmando construtos, acontece quando o indivíduo tem a oportunidade de considerar aspectos da réplica que conecta o evento recente ao evento antigo. É mediante a relação de semelhança ou diferença

que se alcança a variação do sistema. É fato que cada evento é único, mas é a abstração desse que viabiliza às pessoas a elaboração de réplicas de eventos.

Voltando ao tema central do corolário da experiência, entende-se essa como algo processual passível de infindas reconstruções.

Nossa experiência é a porção do universo que acontece conosco – isto é, que é construída sucessivamente por nós – e o aumento da experiência é uma função, não da variedade de eventos que nós construímos, ou do tempo gasto para construí-los, mas da sucessiva revisão do nosso sistema de construção na direção geral do aumento de sua validade (KELLY, 1963, p. 174).

Vale ressaltar, em primeiro plano, que nem toda experiência é prioritariamente válida e, em segundo, que não é a vasta experiência que valida os construtos pessoais de um indivíduo ou a alteração no seu sistema de construção.

Portanto, vivenciar uma gama de experiências não assegura uma variação adequada no sistema de construção, assim como vivenciar uma única experiência por muito tempo não implica contribuições eficazes no sistema de construção. A variação do sistema é oriunda das experiências e das sucessivas construções e reconstruções dessas. Mediante esse processo, em termos educacionais, ao construir e reconstruir uma experiência e causar variação no seu sistema de construção, o aluno passa a aprender. Daí a implicação que a experiência tem sobre a aprendizagem.

De tal modo, os corolários da Experiência e da Construção estabelecem, dentro da TCP, vias para o processo de ensino/aprendizagem. O indivíduo que está a antecipar eventos, construindo suas cópias, promove sua aprendizagem. Este pressuposto adotado pela TCP se distancia de tradicionais teorias de personalidades e de teorias de aprendizagem que enaltecem sobretudo o caráter subjetivo da motivação, relegado por Kelly.

Perceba que, com a natureza antecipatória de sua teoria, Kelly não se preocupa com o que é aprendido nem com o que não é aprendido, sua preocupação é como ocorre a aprendizagem. Assim, constata-se a natureza essencialmente cognitivista da Teoria da Personalidade dos Construtos Pessoais (FERREIRA, 2005, p. 54).

Por fim, espera-se que a TCP, intimamente conectada à aprendizagem, quando inoculada no contexto de ensino/aprendizagem apresente subsídios e resultados eloquentes a pesquisas dessa natureza.

Após explanação sobre o corolário da experiência, sequencia-se a apresentação dos demais corolários da TCP. Seja então o corolário da modulação: a variação do sistema de construção está limitada pela permeabilidade dos construtos dentro de cuja categoria de conveniência caem as variantes. No que diz respeito à aprendizagem, esta é modulada pelas

características do sistema de construtos de um indivíduo, ou seja, a possibilidade de aprender algo a partir da experiência, de modificar o sistema, depende das próprias características desse, em especial, da permeabilidade que o mesmo oferece. Um construto é dito permeável se sua categoria admitir a conveniência de novos elementos que ainda não foram construídos dentro desse enquadramento. Isto supõe a capacidade de acrescentar, de modo discriminativo, experiências novas às que já abrange.

Uma pessoa pode empregar sucessivamente uma variedade de subsistemas de constructos que inferencialmente são incompatíveis entre si. O enunciado do corolário da fragmentação vai de encontro ao problema da excessiva racionalidade e lógica, sob as quais os princípios anteriores se alicerçam. A TCP assegura que, em alguns momentos, um dado sujeito utiliza-se de fragmentos de determinados sistemas ou subsistemas e isso não necessariamente segue uma lógica. A fragmentação dos sistemas em subsistemas quando são inferencialmente incompatíveis podem ser integrados a um nível superior, devendo-se a isso as contradições comportamentais.

Por sua vez, o corolário da Comunidade explicita: Os processos psíquicos de uma pessoa serão similares aos de outra na medida em que essa pessoa empregue uma construção da experiência similar à da outra. Quando abordado o corolário da individualidade, chega-se à conclusão que duas pessoas expostas a um mesmo ambiente podem construí-lo de forma diferente e serem diferentes, tais quais duas pessoas expostas a ambientes diferentes podem construí-los de forma igual e serem iguais. Por conseguinte, uma base cultural comum assegura uma verdadeira semelhança nos processos psíquicos. É perante essa conclusão que se justifica a acurácia dos instrumentos que avaliam os constructos pessoais ao encontrar, além das idiossincrasias, construtos comuns aos membros de uma mesma cultura, grupo e/ou geração.

De natureza semelhante ao corolário da comunidade, também denominado de psicossocial, o corolário da sociabilidade registra que: Uma pessoa poderá desempenhar um papel nos processos sociais que envolvem a outra na medida em que essa pessoa construa os processos de construção da outra. Somente pode-se influenciar outra pessoa, ao passo que se constrói corretamente seus processos psíquicos, a partir de categorias próprias.

Em resumo, a autora Cloninger (1999), a título de organização didática, separa os corolários em três blocos como apresentado no quadro 1, a seguir.

Quadro 1 - Resumo Didático dos Corolários da TCP

	Corolário	Enunciado
Processo de Construção	Construção	Uma pessoa antecipa eventos construindo suas cópias
	Experiência	O sistema de construção de uma pessoa varia à medida que ela constrói sucessivamente a réplica dos eventos.
	Escolha	A pessoa escolhe para si a alternativa de um construto dicotomizado por meio do qual ela pode antecipar a maior possibilidade de ampliação e definição de seu sistema
	Modulação	A variação no sistema de construção de uma pessoa está limitada pela permeabilidade dos construtos em cujas séries de conveniência as variantes se encontram.
Sistema de Construtos	Dicotomia	O sistema de construção de uma pessoa está composto de um número finito de construtos dicotômicos.
	Organização	Cada pessoa caracteriza-se por desenvolver, para sua conveniência, na antecipação de eventos, um sistema de construção incorporando relações ordinais entre os construtos.
	Fragmentação	Uma pessoa pode empregar, sucessivamente, uma variedade de subsistemas de construção que são inferencialmente incompatíveis entre si.
	Séries	Um construto é conveniente apenas para uma série finita de eventos.
Contexto Social	Individualidade	As pessoas diferem umas das outras na sua antecipação dos eventos.
	Comunidade	Na medida em que uma pessoa emprega uma construção da experiência semelhante à empregada por outra, seus processos psicológicos são semelhantes aos da outra pessoa.
	Sociabilidade	Na medida em que uma pessoa constrói os processos de construção de outra, ela deve desempenhar um papel em um processo social que envolve a outra pessoa.

Fonte: Adaptado Kelly (1963); Cloninger (1999).

É importante ressaltar que a divisão apresentada tem caráter exclusivamente didático, pois, para Kelly, o indivíduo não escolhe o corolário que vai utilizar, ele simplesmente utiliza de acordo com sua necessidade. Então, faz-se necessário um aprofundamento acerca do Ciclo

de Experiência de Kelly (CEK), que ora pode se apresentar tanto como um método de pesquisa em ensino, quanto como um método de ensino, uma vez que o corolário da experiência é reconhecido como aquele da aprendizagem. Adiante segue essa incursão teórica acerca do CEK.

2.3 Ciclo de experiência de Kelly

Os eventos são antecipados pelo indivíduo a partir de um ciclo de cinco passos denominados e caracterizados por George Kelly como antecipação, investimento, experiência, (des)confirmação e revisão construtiva. Baseado em argumentos da TCP, entende-se que não é o número de experiências que garante a variação de um sistema de construtos, mas a revisão constante e sucessiva desses que asseguram essas mudanças. Logo, o ciclo é a disposição mais lógica dentro da teoria para encadear tais passos, uma vez que se fundamenta na revisão construtiva de experiências.

Na etapa da antecipação, o sujeito prediz um evento no instante em que formula uma hipótese a respeito do mesmo.

Em relação ao processo ensino-aprendizagem o evento, normalmente, é aprender um novo conteúdo e a antecipação ocorre naturalmente quando o professor comenta o tema da aula. Os alunos procuram lembrar, de forma espontânea e, mesmo que não se expressem verbalmente, de tudo que já aprenderam, sistematicamente ou não, a respeito daquele tema (FERREIRA, 2005, p. 44).

Percebe-se a importância do docente registrar as hipóteses iniciais dos alunos, isto é, suas concepções alternativas a respeito de determinado assunto e, a partir de então, traçar estratégias que se aplicarão ao passo do encontro. Caso se questione o aspecto motivacional, este, de acordo com a TCP, é encarado como algo natural, inerente ao sujeito, fato que autoriza qualquer pessoa que ouça falar de qualquer tema, objeto ou pessoa operacionalizar essa etapa do ciclo espontaneamente.

A etapa do investimento consiste numa fase de estímulo precípua ao processo de variação de um sistema, haja vista que, de alguma forma, ainda que se concentre no campo das ideias aproxima o indivíduo do evento em questão. O investimento é o modo pelo qual o indivíduo questiona, organiza, elabora e reelabora seus construtos, refinando-os. No processo de ensino-aprendizagem a etapa do investimento diz respeito às leituras e pesquisas prévias que o aluno realiza sobre um assunto que será abordado, *a posteriori*, ou até mesmo a assimilação da retórica docente sobre o assunto.

Posto isto, o investimento, para o ensino/aprendizagem caracteriza-se pelo refinamento das concepções alternativas discentes, orientada pela ação docente que deve ter embases nas experiências antecessoras dos alunos, na leitura que o professor faz da situação discente e como ele orienta o aluno ao conhecimento mais sistematizado de determinado assunto.

Encontro ou Experiência é o momento do CEK em que o evento se concretiza. É nessa etapa que aquilo que se antecipou, *a priori*, todas as estruturas previas elaboradas pelo indivíduo, alia-se ao refinamento dessas estruturas ao passo do investimento e dão origem a um construto. Em ensino/aprendizagem, este é o momento pelo qual o professor explica o assunto, através de aula expositiva, de experiências, jogos ou qualquer estratégia didático-metodológica.

Assim, deve o professor utilizar-se das estratégias mais apropriadas ao seu público e ter por base as hipóteses suscitadas pelos alunos na etapa da antecipação. Enfim, o encontro significa a elevação dessas hipóteses a um construto. No entanto, para que este seja caracterizado como definitivo ou não se deve atender a critérios de plausibilidade e inteligibilidade, uma vez que estes ainda devem dispor de considerável maleabilidade. Nessa perspectiva, ao lidar com o encontro de concepções, os conflitos são esperados e até contribuem para a organização de determinados sistemas de construtos.

O passo seguinte, confirmação ou refutação, é oriundo do teste das hipóteses dos sujeitos. A partir da experiência e da confirmação ou não do sistema de construtos é que ocorre mudança nos sistemas de construtos pessoais e conseqüentemente, mudanças conceituais, caracterizando assim uma aprendizagem seja pelo abandono completo do conceito central seja por captura conceitual que são rebuscamentos desse conceito. Por exemplo:

Em uma aula sobre corrente elétrica, o aluno formula a hipótese de que em um fio ligado a um circuito elétrico os elétrons se movem e, em um fio fora do circuito elétrico os elétrons estão em repouso. Quando questionado a respeito dos modelos atômicos que tem conhecimento lembra-se que, a partir do modelo de Rutherford, os elétrons estão sempre em movimento. Então, conclui que sua hipótese inicial estava em parte equivocada, já que os elétrons do fio fora do circuito também se movimentam e, em parte incompleta, já que o movimento dos elétrons do fio no circuito é um movimento caótico, mas que gera um fluxo de carga. Perceba que o aluno pode ir mais adiante se conseguir compreender que a velocidade média dos elétrons no fio é bastante baixa, mas a corrente elétrica se estabelece no circuito de forma praticamente instantânea, pois a ação do campo elétrico (onda eletromagnética) ocorre de acordo com a velocidade da luz (FERREIRA, 2005, p. 45).

A validação ou não da hipótese inicial implica na descrença ou ruptura das concepções alternativas do sujeito, que pode acontecer de imediato, dependendo das experiências e dos sistemas dos quais o sujeito dispõe. Contudo, é importante destacar que até o próprio Kelly pontua a incursão do indivíduo no ciclo, por algumas vezes, para que se alcance uma mudança conceitual considerável.

A última etapa do CEK, a revisão construtiva implica uma atitude reflexiva sobre o evento em questão, ou seja, é nessa fase que o indivíduo se põe a repensar toda situação e, se for o caso, amplia o limite de validade de sua hipótese inicial. No contexto de ensino/aprendizagem e recorrendo ao exemplo anterior, o estudante quando é estimulado a descrever verbalmente ou transcrever por extenso está a ampliar sua hipótese inicial a respeito da corrente elétrica mediante a reconstrução do seu sistema de construtos que ocorre através de uma autoavaliação. Dessa forma, ele conclui que o movimento dos elétrons ocorre nos dois fios, no circuito ou fora dele. Contudo, alguns elétrons (livres) do fio no circuito movem-se ordenadamente. Esse exercício de revisão serve não apenas como teste, organização ou refinamento de hipóteses e concepções alternativas, mas para uma ampliação dessas. É importante lembrar que para testar as novas hipóteses é utilizado novamente o ciclo e isso ocorrerá quantas vezes o indivíduo e o estudante acharem necessário.

Em resumo, o CEK (Figura 2), é uma sistematização da metáfora do homem-cientista, já que ele dispõe das etapas pelas quais tanto um cientista quanto um indivíduo, de certa forma, operacionalizam sua pesquisa:

Formulando suas hipóteses (antecipação), pesquisando toda a literatura a respeito do tema em estudo (investimento), testando suas hipóteses (encontro), confirmando ou refutando suas ideias iniciais (confirmação ou refutação) e, finalmente, chegando às suas conclusões (revisão construtiva) (FERREIRA, 2005, p. 46).

Assim, tanto os corolários da construção e da experiência quanto a metáfora homem-cientista da TCP desenvolvidos por Kelly mostram-se intimamente ligados ao processo de desenvolvimento cognitivo.

Figura 2 – Ciclo de Experiência de Kelly



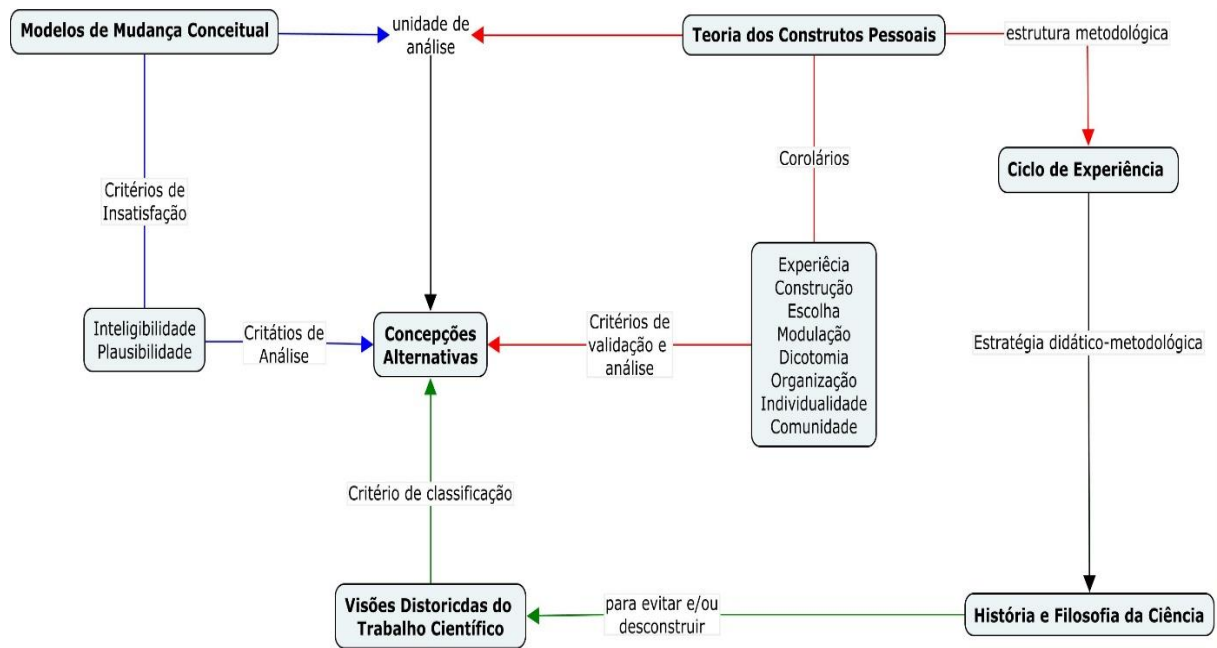
Fonte: Elaborado pelo autor, 2017.

A operacionalização do Ciclo da Experiência intenta expor os indivíduos a novas experiências, ampliando o repertório destas, possibilitando o questionamento de ideias predecessoras e reconstruindo concepções. É razoável esperar que, ao se utilizar o CEK como ferramenta metodológica, consiga-se satisfatórios resultados em nível de aprendizagem sistematizada, uma vez que a natureza do indivíduo é questionadora e antecipatória, por vezes análoga ao *modus operandi* de um cientista (KELLY, 1963).

Como mencionado anteriormente, o objetivo geral dessa pesquisa relaciona-se às concepções alternativas dos licenciandos em Física acerca da adoção da HFC enquanto estratégia de ensino. Portanto, a utilização da TCP faz-se necessária pela natureza das concepções alternativas, da mesma forma que Ciclo da Experiência de Kelly operacionaliza a investigação dessas. Vale dizer que o Ciclo de Kelly assume uma postura dual nessa pesquisa. Por um lado funciona como um método de pesquisa pelo qual se extrairão as concepções alternativas dos alunos e se verificará a existência ou não de mudança conceitual desses e, por outro se configura parte integrante do método de ensino empregado. Assim, o CEK tanto pode ser útil para o ensino da Física quanto para a pesquisa no ensino da Física.

A figura 3 abaixo, resume o referencial teórico construído, justifica a escolha de duas teorias de análise e as inter-relaciona.

Figura 3 – Unidades e categorias de análise do trabalho: interseções bibliográficas e metodológicas



Fonte: Autoria própria, 2017.

3 INVESTIGAÇÕES SOBRE A FORMAÇÃO DE PROFESSORES

3.1 Pesquisa sobre Formação de Professores de Ciências

No que se referem às formações inicial e continuada do professor de Ciências, estas têm sido reconhecidas como fator determinante na reforma da educação científica, sendo vistas como uma das formas mais eficientes para se conseguir melhorias educacionais (ADAMS; TILLOTSON, 1995; MELLADO, 1996; HEWSON *et al.*, 1999b). Para tratar do cerne que engloba o ensino de Ciências e a formação de professores nas últimas décadas, é necessário considerar influências intra e extra sistema educacional.

Em meados das décadas de 1960 e 1970 do século XX, alguns projetos educacionais sofreram influências de epistemologias que comparavam processos de acomodação a revoluções científicas. Tal fato levou esses projetos a incorporarem o método científico à formação acadêmica dos sujeitos. Krasilchich (1987) salienta que se começava a pensar na democratização do ensino destinado ao homem comum. Inter-relacionando a importância da Psicologia Behaviorista à época, os primeiros projetos didáticos financiados pelo banco mundial promoveram o desenvolvimento de recursos tecnológicos e didáticos. Isso concedeu maior autonomia aos discentes e adaptou a função do professor, conduzindo-a a uma espécie de orientação que reduziu o papel deste profissional a uma espécie de transmissor de meios e técnicas na concepção tecnicista.

Assim, enquanto o ensino era pensado como uma comunicação de conhecimentos acabados sobre mentes em branco, e os insucessos, atribuídos aos erros ou à estupidez dos alunos, o conhecimento do conteúdo específico da disciplina era considerado o principal requisito para atividade docente e a formação era baseada unicamente em competências técnicas (AZNAR *et al.*, 2001 *apud* GATTI, 2005, p. 48).

Contudo, foi a partir dos anos 1970, com o surgimento dos primeiros trabalhos acerca das concepções alternativas e na década seguinte, quando as pesquisas nessa área focavam na compreensão conceitual dos alunos antes, durante e depois do ensino formal, que foi inaugurado um novo debate sobre o papel do professor. Desde então, foi exigido que o docente adotasse uma postura de mediador da aprendizagem dos alunos, através do desenvolvimento de conteúdos potencialmente significativos, aqueles com possibilidades de criar pontes entre a composição cognitiva prévia dos alunos e o conhecimento sistematizado. Desses modelos emergiram demandas prementes sobre a formação docente, muito embora a prática continuasse distante desta mudança paradigmática.

Toscano (1991) afirma que o ensino continua baseado na tríade: teoria-fórmula-exercícios. Tal circunstância põe em questionamento os cursos de formação inicial e continuada de professores que, apesar do crescente interesse em pesquisas, vêm sendo considerados insatisfatórios pelo pouco que contribuem com a discussão acerca da implementação de novas metodologias de ensino. Esta situação é resultado de uma abordagem demasiadamente teórica que se distancia da prática. Em suma, “o modelo implica num processo desenvolvido quase que exclusivamente através da transmissão verbal de conteúdos por parte do docente” (ALMEIDA, 2000; BARROS FILHO, 2002). Dessa forma, constata-se que o planejamento de mudanças curriculares não é suficiente, caso os docentes não tenham subsídios suficientes para implementá-las.

No tocante ao ensino de Ciências, Fusinato *et al.* (2000) afirmam que geralmente o ensino ocorre de forma descontextualizada, tornando-o pouco compreensível e sem muita relevância. Isto deve-se à formação inicial deficitária dos docentes da área que ministram suas aulas sem atentar para o aspecto dinâmico, histórico e não neutro da Ciência. Mediante esta formação falha, alguns docentes chegam a assumir suas atribuições com conhecimentos extremamente limitados e ambíguos. Não raro, os professores manifestam uma visão sobre o ensino incompatível com os avanços das pesquisas educacionais recentes, impactando sobremaneira em sua prática.

De forma sucinta, os problemas da formação de professores no Brasil devem-se à dissociação teórico-prática, ao hiato entre o Ensino Superior e Básico, e à conjunta desvalorização da carreira docente e dos cursos de licenciatura. Como consequência dos problemas mencionados, na maioria das vezes, temos um docente que a) reverbera as práticas, os valores e os códigos de postura vivenciados na formação inicial; b) norteia sua prática pedagógica em instrumentos de transmissão/recepção/fixação de um conteúdo irrefletido e irreflexivo, neutro cultural e socialmente, distante, por fim, da formação de um cidadão crítico; c) apresenta resistência a mudanças pedagógicas/didáticas/metodológicas, mesmo diante de situações que exigem transformações sistêmicas; d) aborda tradicionalmente o conteúdo mediante aula expositiva, considerando-o ainda a finalidade da existência escolar. (ABIB, 1996).

Ao analisar os cursos de formação de professores de Física desenvolvidos nos Estados Unidos, Furió (1994, p. 193) aponta que os problemas “têm dimensão global quando afirma que as disciplinas que apresentam as metodologias de ensino, ainda que inovadoras, tem alta densidade de conteúdos para um diminuto tempo em que elas são discutidas, promovendo uma assimilação acrítica desses métodos”. Assim como no Brasil, o ensino é alicerçado na

exposição de conteúdos, condenando os estudantes a uma atitude passiva para com sua aprendizagem.

Uma vez que não se promove a autonomia dos alunos, cabe a esses a reprodução de um modelo embasado na resolução de problemas-padrão mediante a repetição de algoritmos, desfavorecendo o desenvolvimento de formas de raciocínio que permitam ao indivíduo abordar situações novas e mais complexas. Ainda sobre os exemplos americanos levantados por Furió (1994, p. 193), vale salientar que “as práticas laboratoriais se utilizam de materiais pouco acessíveis aos professores que, em condições comuns de trabalho na Educação Básica, dificilmente entrarão em contato com esses equipamentos e materiais nas escolas que atuarão”. Tal fato corrobora uma compreensão equivocada da natureza da Ciência. A principal conclusão deste trabalho é que existe um nítido distanciamento entre formação científica e formação pedagógica dos professores, tanto em formação quanto formados.

Desse modo, Duschl (1995, p. 11) aponta para um detalhe importante desse processo: a relutância por parte dos professores em aceitar e utilizar inovações. O referido autor chega a afirmar que:

(...) tal dificuldade surge devido ao estabelecimento de uma nova visão de aprendizagem em sala de aula onde professores têm de participar de mudanças fundamentais de opinião necessárias para que esta nova proposta se torne realidade. (...) Outra dificuldade é determinada pela concepção que os docentes têm sobre a Ciência e seu ensino, que fazem com que eles as considerem basicamente como processos de exploração e as dinâmicas sociais em sala de aula dirigidas a controlar o comportamento dos alunos.

Enfim, os professores ainda não se habituaram a utilizar as concepções alternativas e modificadas dos alunos para orientar e refletir sua prática como um todo. A maior parte do *feedback* oferecido pelos alunos se reduz a questões pertinentes a comportamento, processo de letramento científico e vida acadêmica.

Cunha (1999) argumenta que os conhecimentos abordados pelos docentes nos cursos de formação inicial ou continuada, ainda que estejam em parte legitimados academicamente, não foram promovidos e nem sequer legitimados pela prática docente. Razão pela qual se explica a relação de exterioridade que os docentes mantêm destes conhecimentos. Compreende-se que tais inovações metodológicas devem fazer sentido aos sujeitos não apenas no seu cerne teórico, mas também no âmbito da prática. Caso contrário, conforme Gatti (2005, p. 52) “a maior parte das inovações educacionais não chega a ser concretizada ou é abandonada após um certo período de tempo, pois os docentes tendem a substituir os novos comportamentos retornando à velha e confortável rotina”.

Por conta disso, urge uma discussão mais contundente que conduza as práticas construtivistas a novas abordagens mais eficientes e comungadas com a práxis docente (LEVITT, 2001). Constatada essa problemática, deve-se daqui em diante aprofundar o debate e apresentar a conexão desta pauta com as demais teorias explicitadas anteriormente.

3.2 Relações entre as concepções dos professores de ciências e sua prática docente

A formação de professores, no contexto deste trabalho, está voltada para sua etapa inicial dada na graduação. A implementação desta pesquisa no nível superior resulta de constatações por meio de senso comum e por evidências expressas em trabalhos científicos, de que a formação inicial de professores de Ciências tende à perpetuar um sistema paradigmático de concepções, crenças, comportamentos e atitudes geralmente extraídos da experiência e conhecimentos anteriores que possuem articulação e coerência, fornecendo respostas para a maioria dos problemas do ensino (FURIÓ, 1994). Isso pode configurar-se um problema, uma vez que esse modelo será reproduzido, *a priori*, na Educação Básica, podendo fortalecer um ciclo vicioso de difícil ruptura.

Não bastasse um contexto favorável à retroalimentação desse ciclo que corrobora visões distorcidas sobre NdC, produção científica e ensino de Ciências, as concepções iniciais dos licenciandos, no início de sua graduação, têm possibilidades de se confirmarem ou até mesmo de constituírem um paralelismo em que novas e antigas concepções podem coexistir exercendo ou não influências umas sobre as outras.

Diversos autores (GIL PEREZ, 1991; HEWSON *et al.*, 1999b; LONGUINI; NARDI, 2000) têm afirmado que, ao ingressarem nos cursos de formação, os futuros docentes possuem a concepção de senso comum de que ensinar é uma atividade simples e trivial que requer apenas um bom conhecimento do conteúdo a ser ensinado. Tal concepção tem grande probabilidade de manter-se inalterada, principalmente na área das ciências naturais que enfatizam o conteúdo específico da disciplina e relegam àquelas ditas “pedagógicas” como se elas não se constituíssem um aporte à prática docente.

À luz do construtivismo, os estudantes desenvolvem complexas concepções acerca do mundo natural, os professores desenvolvem pontos de vista de ensino baseados em sua experiência e ecologia de conceitos. Fato este que os iguala aos estudantes, nesse aspecto, pois, arquitetam “(...) estruturas conceituais nas quais incorporam eventos de sala de aula, conceitos instrucionais e comportamentos socialmente aprovados(...)” (HEWSON *et al.*, 1999a, p. 250). Assim, um consenso tem emergido no sentido de que as inovações estarão

condenadas ao fracasso se continuarem enfatizando o desenvolvimento de habilidades específicas, sem levar em consideração as crenças, intenções e atitudes dos docentes.

Todavia, alunos e professores voltam a se diferenciar quanto às suas concepções iniciais, uma vez que existem metodologias de ensino que superestimam essas noções alternativas adotando-as como pontos de partida da prática docente. Por outro lado, em certos casos, as concepções dos professores têm sido estereotipadas como obstáculos. Como salienta Furió (1994), aquilo que eles já conhecem sobre o ensino configura-se um aspecto limitante ao potencial inovador docente. Esses conhecimentos têm recebido denominações específicas sinonímias, quais sejam: pensamento docente espontâneo, epistemologia pessoal docente, preconceções de senso comum sobre o ensino e teorias implícitas.

Outro estudo relacionado à questão (HEWSON; HEWSON *et al.*, 1992) demonstra que os docentes não possuem, via de regra, concepções uniformes sobre a aprendizagem. Sobretudo, noções como a transmissão verbal de conhecimentos ou de aquisição por simples atividades dos alunos são corriqueiras e corroboradas pelo uso indiscriminado de aulas expositivas e aplicação e treino de resolução de questões.

Assim, “(...) os futuros docentes aprendem mais do que somente o conteúdo nos cursos das áreas específicas. Tais cursos também servem como exemplos de pedagogia sem considerarmos se as lições são intencionais ou não” (COCHRAN; JONES, 1998, p. 713). Nessa perspectiva, a discussão sobre uma formação inicial consistente deve deliberar ou fomentar bases sobre as quais os professores desempenharão suas funções de forma coerente e reflexiva, haja vista que a prática docente é também oriunda da ecologia conceitual do professor e essa é fortemente influenciada pelo histórico das vivências do indivíduo que acaba por reproduzir os comportamentos positivos de ex-professores.

Em um estudo sobre a formação de professores na Universidade de *Wisconsin*, Hewson *et al.* (1999 apud Gatti, 2005, p. 54) concluiu-se que a resistência à mudança de postura pode ser atribuída à dissociação entre as experiências de ensino vivenciadas ao longo da formação científica e as propostas inovadoras de ensino apresentadas nas disciplinas pedagógicas dos cursos de graduação.

Desta forma, seja por uma tendência à cristalização conceitual, pela descrença nas disciplinas pedagógicas, ou mais especificamente, por não vislumbrarem nessas disciplinas uma associação clara entre as inovações metodológicas e a prática docente, os estudantes são ou tornam-se receosos ao discurso didático-metodológico quando este é desconexo de uma práxis sistemática e pertinente ao longo de sua formação inicial.

Tabachnick e Zeichner (1999) afirmam que os problemas na formação de professores estão fortemente relacionados com as concepções prévias e com as experiências vivenciadas nos cursos de graduação. De acordo com os autores, uma das causas da pouca influência dos cursos de formação na atividade docente relaciona-se com a imperícia de exame e confronto as concepções de ensino e aprendizagem que os licenciandos trazem e manifestam ao longo da graduação.

Sobretudo, essa dificuldade vai além da formação inicial do professor e avança em direção a Educação Básica, mesmo quando as lacunas de concepções alternativas equivocadas e o hiato entre os modelos de ensino propostos e o modelo tradicional vivenciado nas escolas reiteram a ideia de que a formação inicial é afetada pelos modelos pedagógicos de ex-professores sejam por bons ou maus exemplos que ora se reproduzirão na escola.

Neste sentido, Mellado (1996), Cochran e Jones (1998) argumentam que as pedagogias utilizadas nos cursos de graduação deveriam se aproximar dos comportamentos desejados para o ensino médio. Essa seria uma via para a superação desse distanciamento tanto entre os níveis de ensino superior e básico quanto em relação a prática e as inovadoras teorias apregoadas na graduação.

Na pesquisa conduzida por Hewson *et al.* (1999b) , verifica-se uma relação entre a falta de compreensão da natureza da construção do conhecimento científico, as concepções sobre os processos de ensino/aprendizagem de Ciências e o exercício da prática docente. A desconexão entre as temáticas citadas pode ser categorizada como um pensamento docente espontâneo ligado às crenças que os professores têm sobre a NdC, o método científico e como essas concepções afetam suas decisões em sala de aula. Ainda em relação ao trabalho, os autores afirmam que a maioria dos participantes ingressam nesses cursos com a crença de que Ciência é um conjunto de verdades que podem ser transmitidas através de explicações e demonstrações de princípios científicos.

Ainda nesse contexto, a pesquisa de Diaz (2000) com professores em formação revela que a maioria dos participantes acreditam que a precisão científica está associada a um rigoroso método científico que permite a apropriação dos conhecimentos de forma empírica e indutiva de acordo com uma sequência. Contribuindo com a questão, Aznar *et al.* (2001) revelam que as visões mais frequentemente relatadas referem-se à superioridade, objetividade, neutralidade e descontextualização do conhecimento científico. Posto isto, outros autores (HEWSON *et al.*, 1999b) afirmam que tais concepções representam, para o desenvolvimento profissional dos docentes, um obstáculo, haja vista que o positivismo intrínseco a tais

concepções dificulta o aceite de novas metodologias, conduzindo, ao ensino à reprodução mecânica e à assimilação passiva de conteúdo.

No decorrer deste subcapítulo, mediante alguns trabalhos científicos, caracterizaram-se as principais preconcepções sobre os processos de ensino/aprendizagem e sobre a construção do conhecimento científico manifestadas por professores em formação inicial e discute-se como essas noções se configuram empecilhos a metodologias inovadoras. Todavia, a leitura que se faz desses resultados indica que essa postura docente, caso não seja trabalhada, contestada, refletida, comungada com a prática, implicará consequências indevidas para os cursos de formação de professores.

Vale dizer que as considerações acima não representam uma unanimidade ou uma generalização irresponsável da maioria da categoria docente. Entretanto, cabe ao professor em formação e aos cursos de graduação uma vigilância constante em relação a estas concepções de difícil ruptura, podendo reverter o quadro a partir destas mesmas concepções mediante uma intervenção cuja culminância intente uma inovação exitosa.

3.3 Alguns Subsídios e Alternativas à Formação Inicial Docente

Toda a discussão levantada anteriormente indica que existem obstáculos a serem superados. Fato que sugere reflexão e proatividade. Duas questões se destacam dos demais pormenores. A primeira diz respeito à existência de um pensamento docente alternativo, baseado nos sistemas de construtos pessoais e na ecologia conceitual desses indivíduos que, como foi apontado, apresenta dificuldades próprias à ruptura, quando essas estruturas lógicas são inteligíveis e plausíveis a suas finalidades. O segundo ponto de destaque relacionam-se às formações inicial e continuada de professores que, pela sua natureza, não podem se restringir a cursos que tratam conteúdos específicos e inovações metodológicas desconexamente.

Nesse contexto, são necessárias mudanças principalmente na formação inicial docente. Algumas pesquisas que tratam do assunto têm destacado os principais elementos que o docente das Ciências deve conhecer e saber fazer, tais como:

Conhecer a matéria a ser ensinada (o que inclui não apenas os conteúdos específicos de uma disciplina, como também aspectos da História da Ciência e da dinâmica do processo de construção do conhecimento); questionar o pensamento docente espontâneo; adquirir conhecimentos teóricos sobre a aprendizagem e a aprendizagem de Ciências; saber preparar, dirigir e avaliar as atividades dos alunos; ser capaz de utilizar a pesquisa e a inovação (GIL PEREZ, 1991 *apud* Gatti, 2005, p.56).

Na busca de soluções possíveis para a problemática da formação de professores, os artigos de Gil Perez (1991) e Gil Perez *et al.* (1999) afirmam que a mudança na forma pela qual se concebe o ensino de Ciências está intimamente relacionada às variações das concepções alternativas do professor sobre o ensino, em suas noções sobre o conhecimento específico, em sua visão sobre a Ciência e em suas relações com a sociedade. Em consonância aos artigos, tanto as concepções alternativas sobre o Ensino de Física quanto às concepções sobre o conteúdo específico da Óptica e, ainda, uma metodologia que agregue tais intuições, são preocupações precípuas desse trabalho.

Nesta perspectiva, as disciplinas de currículos e programas, Metodologia de Ensino de Física e Estágios Supervisionados, bem como as de cunho específico como Óptica e História da Física deveriam organizar-se de modo que fossem consideradas ao debate das concepções alternativas e a operacionalização destas em uma metodologia de ensino. Como apresentado anteriormente, é a partir da promoção de insatisfações dessas concepções do professor (em formação) que se desencadeia um processo de mudança conceitual.

Além desse aspecto, tais disciplinas devem oportunizar aos alunos a vivência com a prática docente em ambientes escolares reais, mesmo que seja através de monitorias, disciplinas de curta duração, minicursos, palestras e/ou oficinas, a fim de que os (futuros) docentes elaborem um sistema de construtos pessoais embasados em aspectos teóricos e práticos de determinadas estratégias de ensino tal qual a HFC. Planejar e aplicar um projeto didático-metodológico em situações reais de ensino se constitui uma ocasião favorável à reflexão da prática docente, bem como das concepções assumidas acriticamente pelo professor.

A proposta deste trabalho visa contribuir com as pesquisas sobre formação inicial de professores, com intuito de superar as limitações desse processo. Em especial, o estudo se preocupa em tratar como as concepções alternativas docentes afetam a adoção de metodologias de ensino inovadoras como a HFC e defende que o professor em formação deve ser incursionado em situações práticas para a construção de seus sistemas conceituais, haja vista que a variação destes depende, sobretudo, das experiências do sujeito. Dessa forma, cada etapa sugerida neste estudo tem objetivos definidos.

No capítulo seguinte será apresentada a metodologia de pesquisa que também possui finalidades voltadas à formação inicial de professores de Física. No primeiro momento, preocupa-se com as concepções dos entrevistados acerca da NdC com o intuito de explicitar as futuras e possíveis relações desse aspecto com os processos de ensino e aprendizagem e sobre a História da Ciência no ensino de Ciências, ou seja, pretende-se traçar um perfil da

ecologia conceitual dos colaboradores. O segundo momento, portanto, cria-se um cenário que expõe o professor de física em formação a um método de ensino baseado em um modelo de mudança conceitual que utiliza a HFC como estratégia de ensino. É nesse ambiente favorável que se intenta mudanças das concepções alternativas dos docentes acerca da utilização da HFC como facilitadora do ensino de Física.

4 METODOLOGIA DA PESQUISA

4.1 Tendências Metodológicas

Esse tópico descreve, com base em alguns critérios, a tendência metodológica adotada nesta pesquisa que se classifica, quanto a sua finalidade, como uma Pesquisa Aplicada. Segundo Gil (2010, p. 27), “estas são pesquisas voltadas à aquisição de conhecimentos com vistas à aplicação em uma situação específica”. Por isso, um aprofundamento sobre as concepções alternativas dos licenciandos em Física quanto a aspectos da NdC e suas implicações no ensino de Física, faz-se necessário.

Quanto aos seus objetivos, a pesquisa comporta-se de forma híbrida. Inicialmente possui caráter exploratório, pois intenta proporcionar familiaridade com o problema, explicitá-lo e a partir disso elaborar hipóteses. Geralmente, “essa parte inicial envolve: 1. Levantamento bibliográfico; 2. Entrevistas com pessoas que tiveram experiência prática com o assunto; e 3. Análise de exemplos que estimulem a compreensão” (SELLTIZ *et al.*, 1967 *apud* GIL, 2010, p. 27). O planejamento desta fase é flexível, a fim de considerar os mais variados aspectos relativos ao problema. Posto isto, a pesquisa avança para a modalidade descritiva que objetiva descrever as características de determinada população. “Podem ser elaboradas também com finalidade de identificar possíveis relações entre variáveis” (GIL, 2010, p. 27).

Neste caso, o público alvo são os professores em formação e pretende-se investigar as suas concepções alternativas sobre NdC, bem como a relação entre as inteligibilidades e plausibilidades destas com visões distorcidas sobre o trabalho científico. Cabe o adendo de que algumas pesquisas descritivas vão além da identificação de tais relações e enveredam por vieses que buscam a determinação da natureza da relação. Portanto, futuramente, dependendo dos rumos que esta venha a seguir, ela pode adotar, ainda, quanto aos seus objetivos, um caráter de pesquisa explicativa.

Seguindo com a classificação da pesquisa quanto aos métodos empregados, a mesma atenta para coleta, análise e interpretação de dados, para a natureza da pesquisa (quantitativa), para o ambiente de coleta de dados (pesquisa de campo) e para o grau de controle das variáveis (não experimental). Delineia-se, dessa forma, uma pesquisa aplicada quantitativa exploratório-descritiva.

Atendendo a esse delineamento, a pesquisa comportar-se-á como um estudo de caso que “consiste no estudo profundo e exaustivo de um ou poucos objetos, de maneira que

permita seu amplo e detalhado conhecimento, tarefa praticamente impossível mediante outros delineamentos já considerados” (GIL, 2010, p. 37). Nesta perspectiva, a pesquisa desse tipo apresenta diferentes propósitos, dentre os quais podem ser destacados: “(...) formular hipóteses ou desenvolver teorias e explicar variáveis de determinados fenômenos em situações complexas que não possibilitam a utilização de levantamentos e experimentos” (GIL, 2010, p. 38).

Gil (2010, p. 117) pontua que “como qualquer pesquisa, o estudo de caso inicia-se com a formulação de um problema”. Assim, apesar de flexível em relação ao planejamento, essa dissertação, em especial, seguiu os padrões gerais, iniciando com a formulação do problema, o estabelecimento de objetivos gerais e específicos, e as hipóteses de trabalho. Conteúdo este que consta no primeiro capítulo desta dissertação.

O passo seguinte é a definição da unidade caso. Unidades-caso referem-se a um indivíduo em um contexto definido. Estas precisam ser deliberadas de acordo com os propósitos da pesquisa que se diferenciam em estudos de caso único e estudos de caso múltiplos. Por sua vez, a pesquisa em curso, é um estudo de caso único classificado como típico. “Estudo de caso único típico é aquele que tem o propósito de explorar ou descrever objetos que, em função de informação prévia pareça ser a melhor expressão do tipo ideal da categoria” (GIL, 2010, p. 118).

Em relação à unidade-base da pesquisa, essa é entendida como o conjunto de concepções alternativas discentes suscitadas pela pesquisa no contexto da licenciatura em Física. A seleção dos casos restringe-se ao âmbito do curso de licenciatura em Física do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará (IFCE) – Campus Fortaleza. Uma das etapas importantes do estudo de caso é a elaboração do protocolo.

Protocolo é o documento que trata de todas as decisões importantes que foram e ainda deverão ser tomados ao longo do processo de pesquisa. Não apenas esclarece acerca dos procedimentos a serem adotados na coleta de dados, mas subsidia as tomadas de decisões que são constantes ao longo de todas as etapas do estudo de caso (GIL, 2010, p. 120).

Neste documento, apesar de não ter modelo fixo, devem constar, em suma, dados de identificação, introdução, trabalho de campo, questões específicas, previsão de análise de dados e guia para elaboração de relatório. O referido documento constitui-se, portanto, um instrumento norteador do trabalho que serve para abalizar todos os trâmites operacionais da pesquisa, sendo que o mesmo se encontra detalhado nas seções seguintes.

4.2 Procedimentos Metodológicos

4.2.1 Caracterização Geral dos Momentos da Pesquisa

A priori, cabe ressaltar que o lócus da pesquisa foi o IIFCE– Campus Fortaleza, Departamento de Ensino Médio e Licenciaturas, Curso de Licenciatura em Física em duas disciplinas de História da Física (2015.2 e 2016.2). No âmbito dessas disciplinas foi aplicado um minicurso de 30h/aula sobre História da Óptica, abordando essa subdivisão da Física em seus aspectos matemáticos, físicos e experimentais sob a perspectiva da HFC.

Para essa pesquisa, o público alvo constituiu-se de 21 alunos devidamente matriculados nas disciplinas supracitadas, com idade entre 21 e 46 anos (idade média: 28 anos), com experiência docente de 0 e 12 anos (experiência mínima: 2 meses; experiência máxima: 12 anos). De forma geral o grupo investigado foi composto por 17 homens e quatro mulheres. Outra peculiaridade que merece destaque, é que dois terços desse público, em sua formação básica, não tiveram contato com a HFC, como conteúdo ou como estratégia didática de ensino.

Utilizou-se como instrumentos de coletas de dados questionários pensados para cada momento e etapa em que a pesquisa foi dividida. A seguir será mostrada a descrição detalhada desses momentos, etapas, tabulações dos dados e como deve se proceder a análise dos mesmos.

Assim, no primeiro momento foi realizada uma pesquisa bibliográfica, que é apresentada no corpo do segundo e terceiro capítulo dessa dissertação, corroborando para a elucidação do problema identificado no primeiro capítulo. Quando a pesquisa seguiu a campo, na aula inaugural do minicurso História da Óptica, apresentou-se a estrutura do curso (duração e conteúdo programático), bem como solicitou-se que os participantes assinassem um Termo de Consentimento de Livre Esclarecido (TCLE), aceitando participar da pesquisa. Por fim, foi aplicado um questionário denominado VNOS-C (*Views of the Nature of Science, Form C*) elaborado e validado por Lederman *et al.* (2002), na versão traduzida de El-Hani, Tavares e Rocha (2004). Dessa versão foi excluído um item com a justificativa de que era voltado para alunos de Ciências Biológicas não atendendo às demandas do público alvo da pesquisa.

Uma vez que esta dissertação se preocupa com as concepções alternativas, o teste foi aplicado apenas na modalidade pré-teste, para fins de entendimento das ideias iniciais desses alunos e elaboração de uma sequência didática que tivesse por base o CEK. No mais, esse

questionário apresentou os sujeitos investigados, traçou seus perfis e estabeleceu um parâmetro inicial de análise (Apêndices A e H).

O segundo momento consistiu na implementação de uma sequência didática estruturada metodologicamente no CEK. Como explicitado anteriormente, a Teoria dos Construtos Pessoais de George Kelly tem por noções principais a ideia de construtos, que implicam em réplicas de situações sociais, pessoas e objetos a partir de experiências anteriores do sujeito, e do ciclo de experiência, no qual o autor compara o homem a um cientista, considerando a forma pela qual testa suas concepções alternativas (homem) e suas hipóteses (cientista).

Na perspectiva de Kelly, a aprendizagem é uma mudança no sistema de construtos e, portanto, depende diretamente da experiência, ou seja, das concepções iniciais dos indivíduos, sendo que tais modificações implicam em algum tipo de aprendizagem e são decorrentes de cinco passos: Antecipação, Investimento, Encontro ou Experiência, Confirmação ou Refutação e Revisão Construtiva.

Em consonância com a revisão bibliográfica e com o resultado do questionário do VNOS-C do primeiro momento, elaborou-se o CEK com os seguintes objetivos:

- Expor o licenciando a um método de ensino que faz uso da HFC, prescrita em situações de ensino de Ciências que abordem aspectos ligados à NdC;
- Verificar, ao longo do processo, o comportamento das concepções dos discentes quanto aos corolários da TCP, critérios de inteligibilidade e plausibilidade e categorias visões distorcidas do trabalho científico.

Neste contexto, vale a ressalva de que a sequência trata-se da História da Óptica, devido a luz ser objeto de estudo desde as primeiras formulações filosóficas gregas até os hodiernos avanços tecnológicos e por, ainda internamente para a Física, representar uma área de conexões com Mecânica, Eletricidade e Magnetismo. Logo, diretamente, a sequência didática trata da construção histórico-filosófica dos fenômenos luminosos e, subjetivamente, de aspectos ligados à NdC.

Tendo em vista que houve, no primeiro momento, o delineamento do perfil do público alvo e a exposição de suas concepções iniciais acerca da NdC, a Antecipação do CEK preocupou-se em explorar as concepções alternativas dos alunos acerca da natureza da luz e de alguns fenômenos luminosos.

Observando-se que as revoluções científicas (KUHN, 1975) e os modelos de mudança conceitual (POSNER *et al.*, 1982) operam de modo análogo, optou-se pela Óptica por oportunizar uma abordagem via HFC mediante suas interfaces, concepções dicotômicas,

processos de revolução científica e de ruptura lógica no pensar a natureza da luz. Desse modo, apesar de estar lidando com um tópico específico de Física, o mesmo mostra-se fértil em possibilidades no que diz respeito ao estudo das concepções alternativas sobre NdC dos professores de Física em formação.

Ou se pensa a luz de modo corpuscular ou a considera um contínuo oscilante. Mas sua descrição dual não implica numa simples junção desses dois modos e, sim, em uma ruptura lógica muito peculiar. Por esse e outros motivos é que no momento da antecipação se abordou questões muito ligadas à natureza da luz, no intuito de estimular os estudantes a revelarem suas réplicas de conceitos com base em suas experiências sobre essas questões. Contudo, para efeito de análise, foram enfatizados aspectos relacionados à NdC. Para esta primeira etapa, o instrumento de coleta de dados utilizado foi um questionário elaborado pelo pesquisador dessa investigação (Apêndices B e I).

Na sequência, a etapa do investimento consistiu no momento de inserção da HFC no ensino de Óptica. Ainda que a TCP e, conseqüentemente, o CEK, quando para fins de ensino, indiquem que o investimento seja o momento pelo qual o indivíduo faz leituras, estudos e reflete sobre determinado assunto abrangendo mais elementos a este, não está descartada a intervenção docente.

Assim, o professor tutor da disciplina e o pesquisador interviram nesta etapa apresentando textos, artigos e livros que abordassem cronológica, historiográfica e filosoficamente os modelos de descrição da luz e dos fenômenos de reflexão, refração e difração em períodos que vão da Antiguidade Clássica à Idade Moderna. Para problematizar as visões dos filósofos naturais, naturalistas e cientistas destas épocas, planejaram-se e implementaram-se três aulas.

A primeira utilizou o debate como metodologia. A partir de excertos, citações, comentários, fontes primárias desses pensadores, promoveu-se a discussão das ideias dos sujeitos envolvidos na aula. Fato que mediado pelo diálogo, réplicas e tréplicas, consistiu, naquela situação, em um primeiro investimento que pode ser complementado, posteriormente, com a literatura sugerida.

Na segunda aula do investimento, os temas geradores foram as ideias de Isaac Newton a respeito da luz. *A priori*, destacou-se os pontos principais de uma carta remetida por Newton à Henry Oldenbergue em 07/12/1675, intitulada Hipótese da Luz, que tratava, dentre outros aspectos referentes ao comportamento da luz, do éter, dos fenômenos luminosos de reflexão, refração e difração e de uma disputa teórica sobre o tema com Robert Hooke. Em seguida, apresentaram-se algumas das *Quaestiones quaedam philophicae* que começaram a ser escritas

no ano de 1664 e representam um conjunto de notas e reflexões sobre a Filosofia Natural de Newton, podendo ser considerado o marco inicial de sua carreira científica. Vale ressaltar que algumas dessas questões tratam da luz.

A aula seguinte consistiu em uma revisão/resumo da disciplina de Óptica a partir da abordagem dos fenômenos Óptica Geométrica e Óptica Física, bem com a descrição eletromagnética da Luz.

A partir do exposto, a etapa do investimento propôs:

- Problematicar o desenvolvimento da Óptica, a partir de pontos de vistas divergentes acerca de um mesmo fenômeno;
- Estimular a leitura de textos de História e Filosofia da Ciência, bem como o debate sobre questões históricas da Óptica;
- Desconstruir visões empirista-aleatória, rígida, algorítmica, exata, infalível, a-problemática, exclusivamente analítica, cumulativa de crescimento linear, elitista e socialmente neutra sobre a natureza da ciência e o método científico.

Neste momento investigativo, o aluno é peça central e, portanto, é sua ação que deve sobressair. O docente é apenas um mediador desse processo. Como instrumento de coleta de dados também se recorreu à modalidade questionário. As diretrizes que cooperaram para a elaboração dos momentos didáticos e análise dos resultados remetem ao referencial teórico presente do capítulo 2 (Apêndices C, J, K e L).

A etapa do Encontro, em consonância com o problema central dessa pesquisa, visa a abordagem de aspectos físicos, históricos, filosóficos e experimentais da Óptica. Uma vez que se conhecem as concepções alternativas dos alunos, e que os mesmos as refinaram na etapa anterior mediados pela HFC, o encontro tem por função testar, construir e reconstruir o sistema de construtos do sujeito. Para tanto, fez-se uso do método experimental didático.

A experiência utilizada objetivou medir o índice de refração de lentes delgadas. Explicada por termos de Óptica Geométrica e de Óptica Física, a refração oportuniza ao professor abordar esses dois vieses da Óptica explorando as principais características do processo, recorrendo a especulações filosóficas, teorias e leis científicas. Apesar de estar centrado no experimento, o encontro persistiu ainda em questões históricas, ao se discutir modelos para refração de Claudio Ptolomeu, Snell e Isaac Newton.

Assim, o Encontro representa o ápice dos corolários da construção e experiência, autorizados pelo corolário da modulação que indica o grau de maleabilidade dos sistemas de construtos do sujeito. Sobretudo, esta etapa se preocupou em:

- Abordar a Óptica mediante seus aspectos físicos, filosóficos, históricos e experimental;
- Contrastar concepções anteriores e posteriores ao processo de ensino;
- Favorecer a construção e a reconstrução do sistema de construtos do sujeito.

Para coletar os dados utilizou-se um roteiro de laboratório padrão do Laboratório Didático de Física II do IFCE intitulado Refração em Lentes Delgadas (Apêndices D e M).

Ao passo da confirmação ou refutação, os alunos foram levados a testar suas hipóteses iniciais tal como procede um cientista, contudo, embasados em suas experiências. Essa etapa por sua vez teve a intervenção mínima tanto do professor tutor quanto do pesquisador, visto que o ato reflexivo, revisor e proativo do aluno abaliza as transformações que ocorrem em seu próprio sistema de construtos e em sua ecologia conceitual. Desse modo, esta etapa visou:

- Estimular a comparação entre as hipóteses e o conhecimento aprendido durante as etapas anteriores do CEK;
- Promover uma variação no sistema de construtos do sujeito em uma orientação coerente ao processo.

Para operacionalização dessa etapa, mais uma vez, recorreu-se a um questionário (Apêndices E e P).

Por fim, a Revisão Construtiva consistiu em uma reflexão sobre o processo em questão. Nessa fase, o indivíduo repensa toda situação e, se for o caso, amplia o limite de validade de sua hipótese inicial ou elabora uma nova. Revisar, portanto, implica construir, ampliar e validar hipóteses. É facultado ao estudante a repetição dos passos anteriores, haja vista que o mesmo pode constatar, *a priori*, uma mudança conceitual. Seguindo a linha do passo anterior, houve mínima interferência do corpo docente, salvo no caso de articular o debate de ideias apresentadas ao longo do processo. Logo, o intuito desse passo foi:

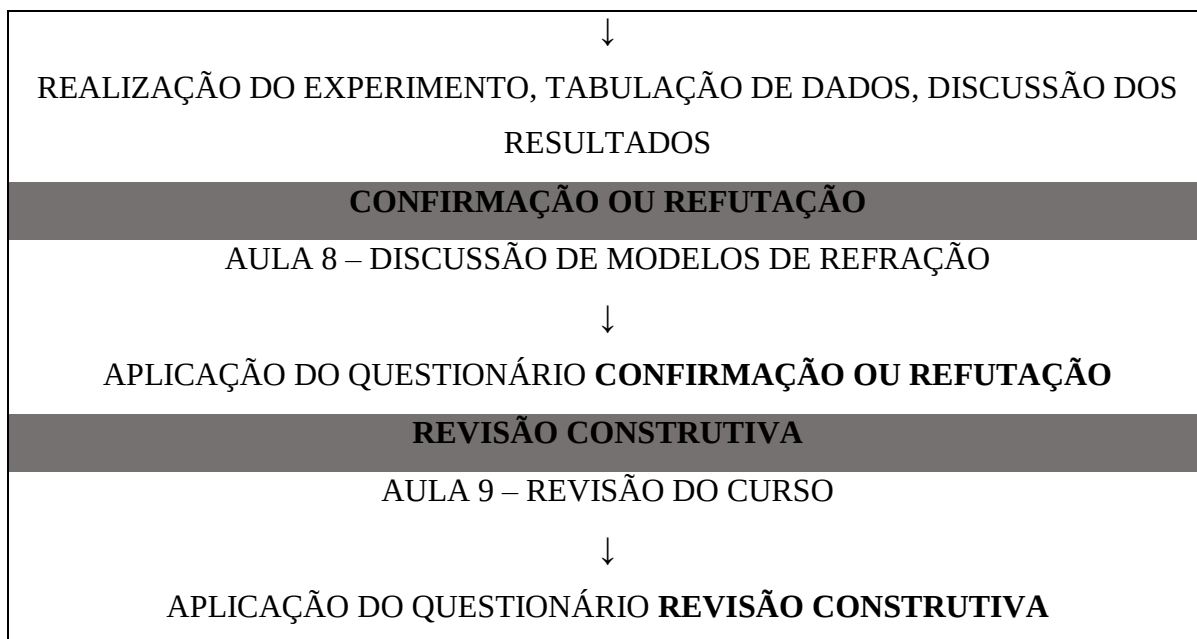
- Comparar as concepções alternativas apresentadas nesta etapa com as da etapa da antecipação.

Mais uma vez foi aplicado um questionário, sendo que esse remeteu ao primeiro questionário da Antecipação com intuito de revisitar as hipóteses iniciais (Apêndices F e O).

O Fluxograma 1, a seguir, apresenta a organização da sequência didática empregada na pesquisa.

Fluxograma 1 – Sequência didática empregada na pesquisa





Fonte: Produção própria (2017)

Cabe o adendo que os planos de aulas dessa sequência didática de pesquisa encontram-se anexados no corpo desse trabalho, contendo informações como carga horária, período de aplicação, recursos didáticos utilizados e bibliografias consultadas.

4.2.2 Tabulação dos Dados

4.2.2.1 Tabulação para Validação dos Questionários e Análise à luz dos corolários da TCP

A validação de instrumentos de coleta de dados considera três aspectos: a) fundamentação teórica; b) qualidade de elaboração de itens, e c) seleção da amostra. Para cada um desses aspectos procede um tipo de validação: a) de conteúdo; b) de construto; e c) de critério. Nessa pesquisa, fez-se uso da validação de construto, uma vez que:

A validade de construto refere-se à demonstração de que o instrumento realmente mede aquilo a que se propõe medir. As evidências necessárias para esse tipo de validação são obtidas fazendo-se uma série de estudos inter-relacionados, por meio de testes estatísticos, das construções teóricas sobre a relação entre as variáveis a serem medidas (RAYMUNDO, 2009, p. 88).

No procedimento da validação observa-se a consistência interna do instrumento, ou seja, a medida que se baseia na correlação entre diferentes itens de um mesmo instrumento. Para medir esse parâmetro recorreu-se ao coeficiente alfa de Cronbach, porque este “visa identificar o nível de consistência interna dos itens em relação a interferência das correlações dos itens na precisão do conjunto dos itens” (JUNIOR *et al.*, 2014, p. 72).

Apresentado por Lee J. Cronbach em 1951, o coeficiente α de Cronbach (assim como é cientificamente conhecido) é uma das estimativas da confiabilidade de um questionário que tenha sido aplicado em uma pesquisa. É calculado a partir da variância dos itens individuais e das covariâncias entre os itens através da equação:

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right), \quad (1)$$

Onde k é o número de itens, S_i^2 é a variância dos n escores das pessoas ao i -ésimo item, S_t^2 é a variância dos totais T_j ($j = 1, 2, 3, \dots, n$) de escores de cada respondente e, por sua vez, $\alpha \in [0, 1]$. No entanto, para um questionário ter considerável consistência interna e ser dito válido, deve contar com $\alpha > 0,7$.

O VNOS-C por ser um questionário já validado por seus autores e possuir uma versão brasileira também validada, não necessariamente precisaria de um terceiro aval para sua reutilização. Contudo, executou-se esse procedimento para aumentar o nível de confiabilidade no emprego desse instrumento agora à luz dos corolários da TCP. Para tanto, formulou-se uma escala baseada no corolário da Experiência, hierarquizando cinco níveis para este (E_1 , E_2 , E_3 , E_4 e E_5), com vistas a classificação das respostas. Assim, quanto mais próximo do índice cinco (5), maior a familiaridade do depoente com o assunto.

Logo, para tabular esses dados, elaborou-se uma pontuação “ h ” referente a cada questão, onde fosse numericamente igual ao índice do nível de experiência apresentado pela resposta do licenciando. Seja,

$$h = n \quad (2)$$

Onde n é o índice de Experiência (E_n), sendo que $\{n \in \mathbb{N} / 1 \leq n \leq 5\}$. Por exemplo, caso uma resposta seja categorizada como E_2 , sua pontuação tabulada será 2.

Os questionários do segundo momento, aqueles aplicados ao final de cada uma das etapas do CEK, por terem sido elaborados pelos autores, impreterivelmente precisaram ser validados, caso contrário sua confiabilidade e análises posteriores tornar-se-iam inconsistentes. Dada essa premência, recorreu-se mais uma vez ao alfa de Cronbach para validar os próximos cinco questionários. Todavia, para cada um desses instrumentos, a pontuação “ h ” comportou-se de forma diferente, haja vista, tanto os questionários serem

diferentes, quanto os corolários utilizados para as decorrentes tabulações e/ou a combinação entre estes serem particulares.

Por explorar as concepções iniciais dos respondentes, o questionário da Antecipação do CEK, assim como o VNOS-C, exigiu, tão somente, fatores ligados ao corolário da Experiência da TCP. Por essa razão, o que fora aplicado para tabular as questões do VNOS-C aplicou-se, também, ao questionário da Antecipação.

Por sua vez, a fase do Investimento do CEK, bem como seu questionário homônimo, exigiu, além do corolário de Experiência, o corolário da Construção. Nesse caso, a escala de cinco níveis redistribuiu-se entre os dois fatores. Devido ao corolário da Construção ser priorizado nessa etapa, ela contou com três níveis (mínimo, intermediário e máximo), enquanto a Experiência apresentou-se, apenas, com dois níveis (mínimo e máximo). Assim, a pontuação “*h*” para cada resposta é o resultado da soma dos índices de Experiência (E_1 e E_2) e Construção (C_1 , C_2 e C_3) do depoente. Ou seja,

$$h = n + m \quad (3)$$

Para n igual ao índice de Experiência, sendo que $\{n \in \mathbb{N} / 1 \leq n \leq 2\}$. Logo, o valor mínimo de “ n ” não pode ser zero, uma vez que os indivíduos, para quaisquer níveis de Construção, apresentam-se, pelo menos com E_1 (Experiência Mínima). Outrossim, seja “ m ” o índice da Construção, sendo que $\{m \in \mathbb{N} / 0 \leq m \leq 3\}$ e “ m ” pode ser nulo (0) devido a possibilidade de um aluno ter vivenciado a etapa do investimento e não ter sido afetado por ela, diferente da experiência que é recorrente da ecologia conceitual do indivíduo, logo, não nula.

Portanto, caso um indivíduo, em uma resposta do Investimento, apresente experiência mínima (E_1) e construção intermediária (C_2), sua resposta será tabulada como 3, ou seja, $h = n + m = 1 + 2 = 3$.

Ao passo que se avança no CEK, mais corolários se agregam para validar e analisar suas fases. Daí a etapa do Experimento recorrer, além dos corolários da Experiência e Construção, aos corolários da Dicotomia, Escolha e Modulação. Para essa fase, a pontuação “*h*” conta com cinco corolários para seus cinco níveis, ou seja, E_n , C_m , D_p , Es_q e M_r , onde:

- $\{n \in \mathbb{N} / n = 1\}$, devido a sua ecologia conceitual inerente ao corolário da experiência, não nula;

- $\{m \in \square / 0 \leq m \leq 1\}$, onde o zero (0) representa falhas ou incompletudes no processo de construção do sistema de construtos pessoais e um (1) a adequação desse corolário;
- $\{p \in \square / 0 \leq p \leq 1\}$, onde zero (0) representa a não dicotomização do construto, enquanto um (1) relaciona-se a elaboração dessa dicotomia imprescindível ao processo de reconstrução do sistema de construtos pessoais;
- $\{q \in \square / 0 \leq q \leq 1\}$, onde zero (0) representa a não eletividade entre um dos polos do construto dicotômico elaborado na fase anterior e um (1) representa a eleição de um destes;
- $\{r \in \square / 0 \leq r \leq 1\}$, onde zero (0) indica a impermeabilidade do construto dicotomizado escolhido ao conceito central de suas concepções alternativas e um (1) a “aderência” desse construto ao conceito central.

Assim, a pontuação “ h ”, para essa etapa, é dada pela seguinte fórmula:

$$h = n + m + p + q + r \quad (4)$$

Caso uma questão atenda aos corolários Experiência, Construção, Dicotomia, Escolha e Modulação, esta será tabulada com 5, visto que $h = 1 + 1 + 1 + 1 + 1 = 5$.

Na etapa da (Des)confirmação, foram utilizados os corolários da Experiência, Construção, Dicotomia, Organização e Individualidade. Em seu expediente, a pontuação “ h ” novamente contou com cinco níveis para cada um dos corolários utilizados, ou seja, E_n , C_m , D_p , O_x e I_y . Cabe o adendo de que os critérios utilizados para os corolários da Experiência, Construção e Dicotomia, na etapa do Experimento, se empregam da mesma forma na Etapa da (Des)confirmação. Portanto, a explicação seguinte decorrerá apenas sobre os corolários da Organização e Individualidade, em especial, seus índices x e y , respectivamente.

O corolário da Organização incorpora o da Escolha e o da Modulação, uma vez que a possibilidade de hierarquização dos construtos pessoais, dentro de um corpo de construtos dicotômicos ocorre após optar-se por um de seus polos. Para tanto,

- $\{x \in \square / 0 \leq x \leq 1\}$, onde o zero (0) equivale a duas possibilidades: a) construtos dicotomizados, eleitos e não modulados ao construto central, b) construtos dicotomizados, não eleitos, ambos, inviáveis de organizar (hierarquizar) e o um (1) representa os construtos dicotomizados, eleitos, modulados ao construto central e organizados.

O corolário da Individualidade representa a forma pela qual o indivíduo organiza seus construtos pessoais, de forma própria e, apesar de independente, relaciona-se com os corolários da construção e organização. Como os demais índices $\{y \in \square / 0 \leq y \leq 1\}$.

Em suma, a pontuação “*h*” para a tabulação desses dados, dá-se da seguinte forma:

$$h = n + m + p + x + y \quad (5)$$

Ou seja, cada corolário contemplado vale um ponto. No caso de contemplação dos corolários da experiência, construção e dicotomia, a pontuação “*h*” equivale a 3 na tabulação dos dados referentes a validação dos questionários.

Para concluir como foram tabulados os dados para a validação dos questionários do segundo momento, apresentam-se, ainda, os corolários contribuintes para o quesito da Revisão Construtiva, tais sejam: Experiência, Construção, Organização, Individualidade e Sociabilidade (E_n , C_m , O_x , I_y e S_b). O que se emprega para Experiência, Construção, Organização (que incorpora Dicotomização, Escolha e Modulação) e Individualidade na (Des)confirmação reaplica-se na etapa da Revisão Construtiva.

Portanto, resta a descrição do corolário da Sociabilidade, que é a forma pela qual o indivíduo expõe sua Individualidade. Aclarando a questão, esse corolário socializa o procedimento particular pelo qual o indivíduo organizou seus construtos dicotomizados, eleitos e permeabilizados no construto central em sua ecologia conceitual. Essa peculiar forma de justificativa e/ou plausibilidade é representada pelo índice *b* e $\{b \in \square / 0 \leq b \leq 1\}$. Assim:

$$h = n + m + p + y + b \quad (6)$$

Explicitadas as formas pelas quais se pontuou e tabulou os dados para a validação dos questionários via alfa de Cronbach, vale uma ressalva sobre o corolário da Experiência, em específico, ao seu índice “*n*”, que aparece no VNOS-C e nos cinco questionários do CEK. Sua equivalência a zero anula os demais corolários, visto que a TCP acredita na reconstrução dos construtos pessoais, na transformação de concepções alternativas em concepções científicas e, portanto, parte do pressuposto da existência de, no mínimo, um construto rudimentar pertinente às experiências dos sujeitos. Por outra óptica, $n = 0$ significa respostas deixadas em branco ou respostas não compreendidas.

4.2.2.2 Tabulação dos Dados mediante critérios de Inteligibilidade e Plausibilidade

Para este propósito, concebeu-se a Inteligibilidade a partir do entendimento de que uma concepção inteligível deva parecer compreensível perante uma estrutura cognitiva (POSNER *et al.*, 1982). Enquanto a Plausibilidade associou-se à ideia de justificativa, de situar o conceito em exemplos, contextos e de superar seus predecessores.

Cada questão foi analisada observando-se os critérios de Inteligibilidade e Plausibilidade em dois níveis (mínimo e máximo) contemplados teoricamente no segundo capítulo dessa dissertação. Sendo I_1 – Inteligibilidade Mínima, I_2 – Inteligibilidade Máxima, P_1 – Plausibilidade Mínima e P_2 – Plausibilidade Máxima.

Poder-se-ia abordar os fatores de forma separada, observando isoladamente as inteligibilidades e plausibilidades das respostas. Contudo, optou-se pela análise da interação desses critérios.

Como situado no capítulo 2 dessa dissertação, existe uma hierarquização entre os critérios de insatisfação dos MMC, segundo o qual, não existe conceito fértil, sem que este seja plausível, e para assim o ser é necessário que o mesmo seja inteligível. Logo, em relação aos dois critérios observados ocorrem conceitos inteligíveis sem serem plausíveis, mas não existem respostas plausíveis sem o mínimo de inteligibilidade.

Dessa forma, deu-se origem a seis perfis de respostas oriundos dos dois níveis de inteligibilidade possíveis (I_1 e I_2 ou I_1P_0 e I_2P_0) e suas combinações com os graus de plausibilidade (I_1P_1 , I_1P_2 , I_2P_1 , I_2P_2). Como a inteligibilidade é mais premente que a plausibilidade dentro da hierarquia proposta pelos MMC, *a priori*, estabeleceu-se a seguinte organização em ordem crescente de perfis:

$$I_1P_0 < I_1P_1 < I_1P_2, < I_2P_0, < I_2P_1, < I_2P_2.$$

No intuito de tabular essa informação e gerar um perfil médio dos depoentes quanto a esses critérios e suas interações, atribuiu-se ao índice 1, tanto das inteligibilidades quanto das plausibilidades, a pontuação de 0,25, e ao índice 2, a pontuação de 0,50. Assim, converteu-se cada resposta em uma nota, a partir da soma dos índices das inteligibilidades e plausibilidades (I_j e P_q). Daí,

$$n = j + q \tag{7}$$

Sendo que $\{j \in \square / 0 \leq j \leq 2\}$ e $\{q \in \square / 0 \leq q \leq 2\}$ onde:

- $j \begin{cases} 0, \text{inteligibilidade} - \text{nula} \\ 1, \text{inteligibilidade} - \text{mínima} \\ 2, \text{inteligibilidade} - \text{máxima} \end{cases}$
- $q \begin{cases} 0, \text{plausibilidade} - \text{nula} \\ 1, \text{plausibilidade} - \text{mínima} \\ 2, \text{plausibilidade} - \text{máxima} \end{cases}$

Essa pontuação atribuída a cada resposta redistribuiu a primeira organização ($I_1P_0 < I_1P_1 < I_1P_2, < I_2P_0, < I_2P_1, < I_2P_2$), haja vista alguns perfis pontuarem mais que outros na ordem anterior. Vide a nova organização no quadro 2 abaixo.

Quadro 2 – Descrição dos Perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade

I_1	0,25	Inteligibilidade mínima
I_1P_1	0,50	Inteligibilidade mínima com Plausibilidade Mínima
I_2	0,50	Inteligibilidade máxima
I_1P_2	0,75	Inteligibilidade mínima com Plausibilidade Máxima
I_2P_1	0,75	Inteligibilidade máxima com Plausibilidade Mínima
I_2P_2	1,00	Inteligibilidade máxima com Plausibilidade Máxima

Fonte: Produção própria (2017)

Vale destacar que os perfis medianos (I_2 e I_1P_2) realinharam-se de acordo com suas pontuações. Observa-se, ainda, que os seis perfis se encontram distribuídos em quatro subgrupos (α , β , γ e Ω) passando a ser denominados de estereótipos conceituais (EC), que são a parametrização das notas “n” para uma escala de 0 a 10. Logo:

$$EC = 10n \quad (8)$$

$$\alpha = 0,25.10 = 2,5$$

$$\beta = 0,50.10 = 5,0$$

$$\gamma = 0,75.10 = 7,5$$

$$\Omega = 1,00.10 = 10,0$$

Para a futura análise, os estereótipos conceituais ocorrem mediante os intervalos

$$\alpha = [0,00; 2,50]; \beta = [2,50; 5,00]; \gamma = [5,00; 7,50]; \text{ e } \Omega = [7,50; 10,00]$$

Dessa forma, o quadro 3 se reorganiza dessa forma:

Quadro 3 – Descrição dos Estereótipos Conceituais

α	0,25	I_1	Inteligibilidade mínima
β	0,50	I_1P_1	Inteligibilidade mínima com Plausibilidade Mínima
		I_2	Inteligibilidade máxima
γ	0,75	I_1P_2	Inteligibilidade mínima com Plausibilidade Máxima
		I_2P_1	Inteligibilidade máxima com Plausibilidade Mínima
Ω	1,00	I_2P_2	Inteligibilidade máxima com Plausibilidade Máxima

Fonte: Produção própria (2017)

Portanto, em um primeiro momento, a hierarquia dos perfis por grau de inteligibilidade é válida, embora seja governada pela segunda hierarquização que considera a pontuação estipulada anteriormente. Cientes dessa classificação elaborou-se o seguinte modelo de tabela 1

Tabela 1 – Tabulação de dados analisados à luz dos Estereótipos Conceituais e Perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade

ALUNO	CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS VNOS-C					
	A	β		γ		Ω
	I_1	I_1P_1	I_2	I_1P_2	I_2P_1	I_2P_2
A1	1	4	0	0	1	3

Legenda A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ... , 21}. Fonte: Produção própria (2017)

Na tabela acima é apresentado a incidência de respostas classificadas a partir dos perfis de inteligibilidade e plausibilidade por instrumento. Por exemplo, no questionário VNOS-C, o aluno A1 obteve uma (1) resposta categorizada como α (I_1), quatro (4) respostas β (I_1P_1), uma (1) resposta γ (I_2P_1) e três (3) respostas Ω (I_2P_2).

4.2.2.3 Tabulação dos Dados para as “Visões distorcidas do trabalho científico”

Gil Perez *et al.* (2001) relacionam algumas visões deformadas do trabalho científico que podem ser transmitidas no ensino de Ciências. Dentre as quais, destacam-se a visão empírico-indutivista e a-teórica, por apresentarem o maior número de trabalhos abordando sua ocorrência. Estas visões exaltam o aspecto da neutralidade observacional e experimental nos empreendimentos científicos, relegando a função das hipóteses e teorias.

Não menos difundida na literatura especializada, a visão rígida (algorítmica, exata, infalível...) considera o método científico como uma sequência prescritiva de etapas a serem contempladas rigorosamente. “Como afirma Hodson, a preocupação quase obsessiva em evitar a ambiguidade e em assegurar a fiabilidade das avaliações, distorce a natureza do trabalho científico essencialmente incerto e também com algo de intuitivo e, por certo, reflexivo” (GIL PEREZ *et al.*, 2001, p. 130).

Outras deformações citadas por Gil Perez *et al.* (2001) são intituladas visão a-problemática e a-histórica. Nesta, por sua vez, a transposição didática de conhecimentos dá-se de modo irrefletido, reiterando a visão rígida da Ciência e finalizado-a sem que haja discussão sobre seus problemas de origem e/ou processos de construção histórica. Portanto, “trata-se de uma concepção que o ensino da Ciência reforça por omissão” (GIL PEREZ *et al.*, 2001, p. 131), sob as justificativas de exiguidade temporal, adequação de gestão de sala de aula e/ou escolar, para abordar tais aspectos.

Os autores também destacam a categoria visão exclusivamente analítica. Muito embora sua ocorrência seja menor, esta visão enfatiza a compartimentalização dos estudos, em uma ode ao positivismo, além de um caráter delimitador, simplista e resistente a ideias de unidades, construções de conhecimentos amplos e tratamentos de problemas de fronteira entre dois domínios distintos que podem se unificar. Hewson *et al.* (1999b) relacionam a visão positivista do conhecimento com a concepção de ensino por transmissão. “Haja vista que uma visão positivista do conhecimento constitui a principal barreira para a aceitação de que discutir as ideias dos estudantes em classe seja uma atividade frutífera” (Hewson *et al.*, 1999b, p. 378).

Ainda que na literatura científica a visão acumulativa de crescimento linear não tenha grande vulto, a mesma recebe destaque pelos autores, por se resumir em uma visão simplista da construção do conhecimento científico. Outrossim:

A visão acumulativa é uma interpretação simplista da evolução dos conhecimentos científicos, para a qual o ensino pode contribuir ao apresentar os conhecimentos hoje aceitos sem mostrar como eles foram alcançados, não se referindo às frequentes confrontações entre teorias rivais, às controvérsias científicas, nem aos complexos processos de mudança (GIL PEREZ *et al.*, 2001, p. 132-133).

Pela perspectiva da visão individualista e elitista, o trabalho científico é de domínio limitado a minorias (de gênero, étnica e etária), ou seja, o estereótipo dos que fazem Ciência tem bases predominantemente masculina, caucasiana/asiática e de meia idade. E ainda, o conhecimento científico seria produto de gênios isolados ou grupos de pesquisadores atinentes ao perfil acima descrito.

Por fim, a última concepção deformada do trabalho científico abordada pelos autores intitula-se visão socialmente neutra da ciência. Esta, por sua vez, induz que “esquecem-se as complexas relações entre Ciência, Tecnologia, Sociedade (CTS) e proporciona-se uma imagem deformada dos cientistas como seres ‘acima do bem e do mal’, fechados em torres de marfim e alheios à necessidade de fazer opções” (GIL PEREZ *et al.*, 2001, p. 132-133).

A necessidade de uma abordagem histórico-filosófica dos conteúdos das disciplinas científicas vem à tona, também, a partir de outras perspectivas, como a representada pelo movimento CTS para o ensino de ciências (SANTOS, 2001). Isso reforça que o impulso dado ao uso da HFC no ensino deve-se às recentes reformas educacionais em nosso país, ao exigirem métodos de ensino onde o conhecimento científico seja contextualizado histórico e socialmente.

As categorias “visão empírico-indutivista e a-teórica”, “visão rígida”, “visão a-problemática e a-histórica”, “visão exclusivamente analítica”, “visão cumulativa de crescimento linear”, “visão individualista e elitista” e “visão socialmente neutra da ciência” de Gil Perez *et al.* (2001) atentam para a dificuldade de um consenso sobre quais seriam as visões adequadas a respeito do trabalho científico, devido, sobretudo, a pluralidade de epistemologias modernas díspares e influentes no pensamento científico.

No entanto, por via da negativa, os autores criaram um corpo consenso-conceitual daquilo que deve ser evitado sobre NdC e trabalho científico, estratificando esse conjunto teórico nas referidas categorias. “Trata-se, de certo modo, de pensar pela negativa – evitando possíveis deformações – uma atividade complexa que parece difícil caracterizar pela positiva” (GIL PEREZ *et al.*, 2001, p. 127).

Para tabular os dados, observou-se a ocorrência dessas visões em cada resposta. Vale lembrar que, *a priori*, uma visão não interfere na outra. Posto isto, suas pontuações são independentes. Nessa perspectiva, a pesquisa utilizou as seguintes siglas para significar cada uma das visões de Gil Perez *et al.* (2001):

- G1 – Visão empírico-indutivista e a-teórica;
- G2 – Visão rígida (algorítmica, exata, infalível);
- G3 – Visão a-problemática e a-histórica;
- G4 – Visão exclusivamente analítica;
- G5 – Visão cumulativa de crescimento linear;
- G6 – Visão individualista e elitista;
- G7 – Visão socialmente neutra da ciência.

Cada resposta foi analisada observando a presença negativa, nula ou positiva de cada uma das sete visões, ou seja, atribuíram-se três possíveis valores (-1, 0 e 1) que indicam:

$$v = \begin{cases} -1, \text{visão não distorcida} \\ 0, \text{visão não verificada} \\ 1, \text{visão distorcida} \end{cases}$$

Para esse procedimento utilizou-se o seguinte modelo de tabela 2, a seguir:

Tabela 2 – Tabulação de dados analisados à luz das categorias “Visões distorcidas do trabalho científico”

	Categorias “Visões distorcidas do trabalho científico” de Gil Perez						
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
A1	0	0	1	-1	0	0	1

Legenda A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ... , 21}. **Fonte:**Produção própria (2017).

Assim, a resposta do aluno A1 apresentou as categorias G3, G4 e G7, enquanto as demais não foram observadas. Todavia, G3 e G7 apresentaram-se na questão de forma distorcida (1), enquanto G4 apareceu não distorcida (-1). Concluiu-se que uma mesma resposta pode apresentar adequação ou inadequação para diferentes categorias.

4.3 Procedimentos de análises

4.3.1 Análise quanto aos corolários da TCP

A tabulação que organiza as pontuações “h” atribuídas a cada questão de cada aluno indicam o montante do(s) corolário(s) ou combinações de corolários da TCP que as referidas assertivas contemplam. Para essa análise é calculado o valor médio de “h” por aluno e em seguida estabelece-se o valor médio de “h” para o grupo investigado. A partir desse valor, por turma, e, assim, para cada questionário qualitativamente conclui-se quais corolários foram contemplados para o perfil geral da turma e descreve-se as principais estruturas cognitivas dos depoentes ao longo da sequência didática.

Para o questionário do VNOS-C tem-se o seguinte modelo de tabela 3 abreviado:

Tabela 3 – Procedimento de análise dos dados à luz dos corolários da TCP

ALUNO	MÉDIA
A1	2,88
.	.
.	.
.	.
A21	3,00
VALOR MÉDIO DE RESPOSTAS	3,18

Legenda A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ... , 21}. Fonte: Produção própria (2017)

4.3.2 Análise quanto aos critérios de Inteligibilidade e Plausibilidade

De modo vertical analisou-se os questionários do primeiro e do segundo momento, a partir do quantitativo de respostas classificadas pelos seis perfis de inteligibilidade e plausibilidade e os quatro esteriótipos conceituais.

Contabilizou-se a incidência de perfis e esteriótipos conceituais por questionário a partir do somatório por alunos. Por exemplo:

Tabela 4 – Procedimento de análise à luz dos Estereótipos Conceituais e Perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade

ALUNO	CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS VNOS-C					
	A	B		γ		Ω
	I1	I1P1	I2	I1P2	I2P1	I2P2
A1	1	4	0	0	1	3
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
.	.	.	.	.	.	.
A21	1	2	1	1	3	1
TOTAL	22	50	7	5	39	51
TOTAL	22	57		44		51

Legenda A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ... , 21}. Fonte:Produção própria (2017)

Anteriormente, por exemplo, a tabela 4, indicava que o questionário VNOS-C obteve vinte e duas(22) respostas α (I_1), cinquenta (50) respostas $\beta(I_1P_1)$, sete(7) respostas $\beta(I_2)$, cinco(5) respostas $\gamma(I_1P_2)$, trinta e nove (39) respostas $\gamma(I_2P_1)$ e cinquenta e uma (51) respostas Ω (I_2P_2). Para corroborar o entendimento da tabela apresentarão no capítulo seguinte, para cada questionário, gráficos de setores com os percentuais por estereótipos conceituais e perfis de inteligibilidade e plausibilidade que serão, ainda, discutidos à luz das teorias explicitadas no segundo capítulo deste trabalho.

De modo horizontal, a tabela 5 fornece uma pontuação/nota atribuída aos estudantes para cada questionário.

Tabela 5 – Notas dos alunos quanto aos Estereótipos Conceituais e Perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade

ALUNO	NOTA
A1	6,00
.	.
.	.
.	.
A21	5,75
MÉDIA	5,62
DESVIO PADRÃO	2,02

Legenda A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ... , 21}. Fonte:Produção própria (2017)

Respeitando o modo de tabulação empregado para essa análise, ainda no tópico 4.2.2.2., a pontuação/nota do aluno para o questionário de acordo com seu perfil de inteligibilidade e plausibilidade é dada pela fórmula:

$$P = \left[\left(\frac{10}{n_i} \right) \left(\frac{4(N_\Omega) + 3(N_\gamma) + 2(N_\beta) + 1(N_\alpha)}{4} \right) \right] \quad (9)$$

Que de forma mais detalhada ainda pode ser reescrita mediante a expressão:

$$P = \left[\left(\frac{10}{n_i} \right) \left(\frac{4(N_{I_2P_2}) + 3(N_{I_2P_1} + N_{I_1P_2}) + 2(N_{I_2} + N_{I_1P_1}) + 1(N_{I_1})}{4} \right) \right] \quad (10)$$

Onde

n_i = número de itens por questionário;

N_{Ω} = quantidade de respostas Ω questionário;

N_{γ} = quantidade de respostas γ questionário;

N_{β} = quantidade de respostas β questionário;

N_{α} = quantidade de respostas α questionário;

$N_{I_2P_2}$ = quantidade de respostas com inteligibilidade máxima e plausibilidade máxima;

$N_{I_2P_1}$ = quantidade de respostas com inteligibilidade máxima e plausibilidade mínima;

$N_{I_1P_2}$ = quantidade de respostas com inteligibilidade mínima e plausibilidade máxima;

N_{I_2} = quantidade de respostas com inteligibilidade máxima;

$N_{I_1P_1}$ = quantidade de respostas com inteligibilidade mínima e plausibilidade mínima;

N_{I_1} = quantidade de respostas com inteligibilidade mínima;

Essa análise foi empregada nos dois primeiros momentos da pesquisa através de seus respectivos questionários, onde para cada aluno em cada questionário foi atribuída uma nota mediante seus perfis de inteligibilidade e plausibilidade. O fato possibilitou o acompanhamento das concepções alternativas dos alunos, ou seja, como essas concepções se comportaram ao longo do empreendimento da pesquisa.

4.3.3 Análise quanto às categorias “Visões Distorcidas do Trabalho Científico”

Essas categorias foram elaboradas atentando para critérios de cunho qualitativo. Contudo, devido esta pesquisa estruturar-se de modo quanti-qualitativo foi necessária a tabulação da ocorrência das mesmas através das respostas dos professores em formação. Vale ressaltar que a referida tabulação complementou os perfis estabelecidos nas fases anteriores de análises e foi estruturada mediante a tabela 6 a seguir.

5 ANÁLISE DISCURSIVA DOS DADOS

5.1 Questionário VNOS-C

Conforme indicado no subcapítulo 4.2, tabularam-se os dados para validação dos questionários e suas análises mediante: a) os corolários da TCP, b) os critérios de inteligibilidade e plausibilidade dos MMC e c) as categorias “visões distorcidas do trabalho científico” de Gil Perez *et al.* (2001).

A princípio, priorizou-se a validação dos questionários através do coeficiente alfa de Cronbach (α) que mensura a consistência interna desses instrumentos. Alguns autores indicam que um instrumento está adequado no intervalo $\{0,65 \leq \alpha \leq 0,95\}$. Por sua vez, Maroco (2011) considera confiáveis os instrumentos cujo coeficiente seja superior a 0,7. Assim, o parâmetro utilizado nesta pesquisa considera válido o questionário com $\alpha > 0,7$.

A partir de uma escala de cinco níveis (de 1 a 5) gerada mediante cinco graduações do corolário da Experiência da TCP, verificou-se a validade dos instrumentos VNOS-C e Antecipação, conforme tabela 7 abaixo.

Tabela 7 – Validação das Respostas do Questionário VNOS-C (alfa de Cronbach)

ALUNO	QUESTÕES										SOMA
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	
A1	5	1	4	5	NC	5	1	1	NC	1	23
A2	5	1	5	1	NC	1	4	NC	NC	5	22
A3	NC	NC	4	NR	NR	NC	NC	NR	NC	NC	4
A4	4	3	1	1	NC	1	4	5	5	1	25
A5	NC	NC	NC	4	4	NC	3	1	NC	5	17
A6	5	5	5	5	4	4	5	5	NC	5	43
A7	5	5	5	4	5	1	4	5	5	4	43
A8	5	5	5	4	1	5	4	4	2	5	40
A9	4	1	4	1	NR	1	NC	1	NR	NR	12
A10	1	NC	1	5	5	1	1	NC	1	5	20
A11	5	5	1	1	4	1	5	1	NC	4	27
A12	1	5	5	5	NC	4	1	5	5	2	33
A13	NC	NC	NC	NC	NC	NC	4	NC	NC	2	6

Continua

ALUNO	QUESTÕES										SOMA
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	Q7	Q8	Q9	Q10	
A1	5	1	4	5	NC	5	1	1	NC	1	23
A14	1	4	1	1	NR	4	NR	NR	NR	NR	11
A15	1	4	5	4	NC	5	4	1	1	NC	25
A16	4	4	NC	1	NC	1	NC	4	NC	2	16
A17	4	4	1	NC	NC	3	1	1	NC	NC	14
A18	4	1	4	4	NR	1	3	4	1	NR	22
A19	5	5	5	5	1	5	1	5	NR	2	34
A20	5	4	5	5	1	5	1	1	5	2	34
A21	4	4	3	4	NC	1	5	1	NC	2	24
VARIÂNCIA	2,54	2,51	2,97	3,06	3,27	3,39	2,63	3,63	4,13	2,55	

Legenda: NC: respostas não compreendidas; NR: questões não respondidas; I: Respostas Insatisfatórias; A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ..., 21}; Q_n = Questão n {n=1,2, ..., 10}. Fonte:Produção própria (2017).

De acordo com a tabulação e mediante a expressão do coeficiente alfa de Cronbach, tem-se,

$$\alpha = \left(\frac{k}{k-1} \right) \left(1 - \frac{\sum_{i=1}^k S_i^2}{S_t^2} \right)$$

$$\alpha = \left(\frac{10}{10-1} \right) \left(1 - \frac{2,54 + 2,51 + 2,97 + 3,06 + 3,27 + 3,39 + 2,63 + 3,63 + 4,13 + 2,55}{127,06} \right)$$

$$\alpha = \left(\frac{10}{9} \right) \left(1 - \frac{30,66}{127,06} \right) = 0,843$$

Conforme o parâmetro preestabelecido, considerou-se válido o instrumento por apresentar $\alpha = 0,843$, significando que o questionário VNOS-C apresenta consistência interna elevada.

Esse processo de validação forneceu à pesquisa, além da aferição da consistência interna de seus questionários, uma possibilidade de análise das assertivas à luz dos corolários da TCP ao longo da sequência didática empregada. A tabulação acima promoveu também um perfil médio dos depoentes de acordo com a pontuação de cada uma de suas respostas para o questionário do VNOS-C. São eles conforme a tabela 8:

Tabela 8 – Médias individuais para análise à luz dos corolários da TCP

ALUNO	MÉDIA
A1	2,88
A2	3,14
A3	4,00
A4	2,78
A5	3,40
A6	4,78
A7	4,30
A8	4,00
A9	2,00
A10	2,50
A11	3,00
A12	3,67
A13	3,00
A14	2,20
A15	3,13
A16	2,67
A17	2,33
A18	2,75
A19	3,78
A20	3,40
A21	3,00
VALOR MÉDIO DE RESPOSTAS	3,18

Legenda A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ... , 21}. Fonte:Produção própria (2017).

Os perfis apresentados na tabela referem-se aos aspectos relacionados à TCP, uma vez que a pontuação utilizada para validação do instrumento levou em consideração o corolário da Experiência em cinco níveis. O valor médio das questões igual a 3,18 implica no atendimento do corolário da experiência no nível 3 ou intermediário, inferindo que as respostas são oriundas de sistemas de construtos e pouco elaboradas para questões referentes à NdC. O fato está interligado à impressões de senso comum ou a reconstruções superficiais. Portanto, tem-se um questionário validado, cujas respostas possuem o nível E₃ ou de experiência intermediária.

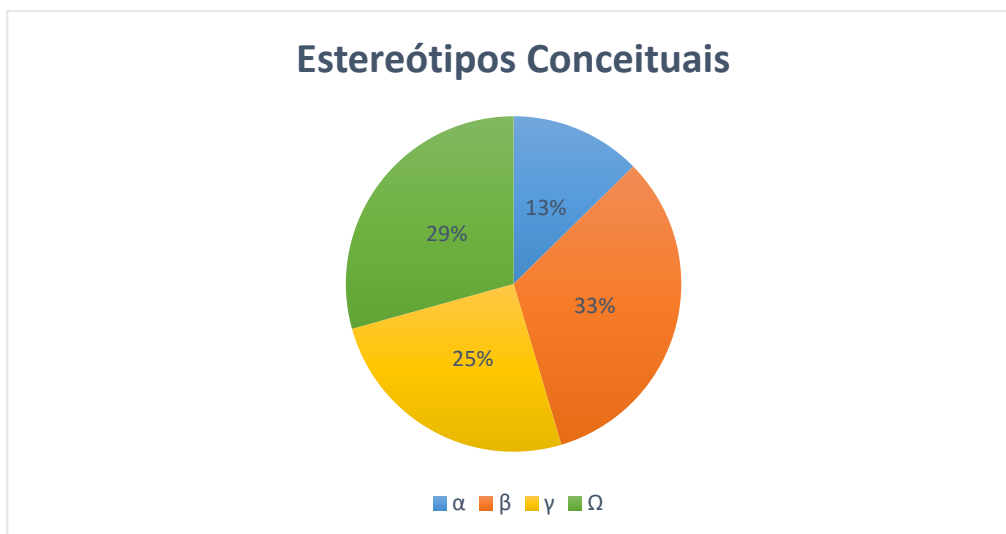
Por outro lado, quanto aos graus de inteligibilidade e plausibilidade de suas respostas, depreende-se a seguinte análise orientada pela tabela 9 e gráfico 1.

Tabela 9 – Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω e perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – VNOS-C

ALUNO	CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS VNOS-C					
	A	β		γ		Ω
	I ₁	I ₁ P ₁	I ₂	I ₁ P ₂	I ₂ P ₁	I ₂ P ₂
A1	1	4	0	0	1	3
A2	1	3	0	0	1	3
A3	4	0	0	0	1	0
A4	1	4	0	1	2	2
A5	2	1	0	1	2	1
A6	1	0	0	0	2	7
A7	0	1	0	0	3	6
A8	0	1	1	0	3	5
A9	0	4	0	0	2	0
A10	2	5	0	0	0	3
A11	0	4	0	0	2	2
A12	1	2	1	0	1	5
A13	5	0	1	0	1	0
A14	0	3	0	0	2	0
A15	0	3	0	0	3	2
A16	1	2	1	0	3	0
A17	2	3	0	1	2	0
A18	0	3	0	1	4	0
A19	0	2	1	0	0	6
A20	0	3	1	0	1	5
A21	1	2	1	1	3	1
TOTAL	22	50	7	5	39	51
TOTAL	22	57		44		51

Legenda A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ... , 21}. Fonte: Produção própria (2017)

Gráfico 1 - Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω - VNOS-C

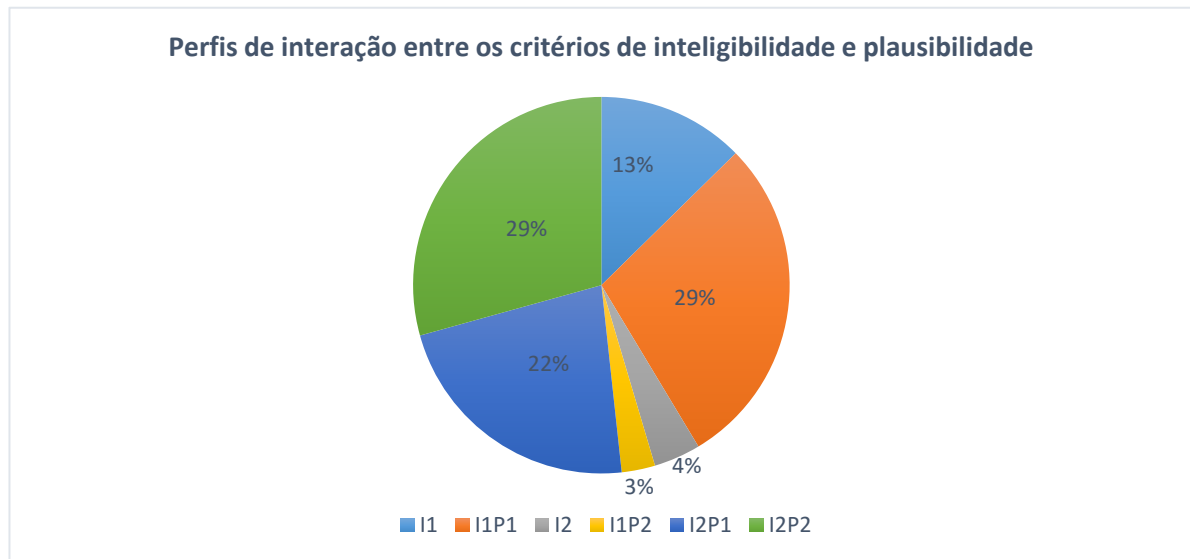


Fonte: Produção própria (2017).

No questionário VNOS-C os estereótipos β e Ω foram aqueles que mais pontuaram com os percentuais de 33% e 29% respectivamente. Com percentagem aproximada, o estereótipo γ teve 25% das respostas tabuladas. Logo, entende-se que a maioria das assertivas são inteligíveis. Quanto sua natureza, os estereótipos β , γ e Ω apresentaram três perfis de inteligibilidade máxima (I_2 , I_2P_1 e I_2P_2), totalizando 97 respostas, e dois perfis de inteligibilidade mínima (I_1P_1 e I_1P_2) com 55 respostas. Em relação a plausibilidade, os estereótipos em destaque possuem dois perfis de plausibilidade máxima (I_1P_2 e I_2P_2) que totalizam 56 respostas e mais dois perfis de plausibilidade mínima (I_1P_1 e I_2P_1) com 89 respostas. Conclui-se que, para o questionário VNOS-C, apesar do estereótipo Ω ter pontuado mais, e o mesmo indicar respostas inteligíveis e plausíveis, o perfil geral foi de respostas com inteligibilidade máxima e plausibilidade mínima.

O gráfico 2 apresenta esses perfis de interação entre os critérios de inteligibilidade e plausibilidade.

Gráfico 2 – Perfis de Interação entre os critérios de Inteligibilidade e Plausibilidade – VNOS-C



Fonte: Produção própria (2017).

Explorando os resultados, agora mediante as seis subcategorias de inteligibilidade e plausibilidade explicitadas no tópico 4.2.2.2, percebeu-se um equilíbrio entre I_1P_1 e I_2P_2 com 29% cada e seguidos de I_2P_1 com 22% das respostas, representando o perfil esperado na análise acima. Pertencente ao estereótipo γ , I_2P_1 , pelo auto índice de responsividade, representa uma média entre os perfis I_1P_1 e I_2P_2 , uma vez que seu par de categoria, I_1P_2 pouco pontuou.

Mediante a classificação por grau de inteligibilidade e plausibilidade das respostas dos alunos, foram atribuídos aos respondentes uma nota (P) previamente apresentada no tópico 4.3.1 e computada da seguinte forma:

$$P = \left[\left(\frac{10}{n_i} \right) \left(\frac{4(N_{I_2P_2}) + 3(N_{I_2P_1} + N_{I_1P_2}) + 2(N_{I_2} + N_{I_1P_1}) + 1(N_{I_1})}{4} \right) \right]$$

De acordo com a tabela 9 e aplicando a fórmula (P), obtiveram-se os seguintes perfis conforme mostra a tabela 10:

Tabela 10 – Notas dos alunos quanto aos Estereótipos Conceituais e Perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – VNOS-C

ALUNO	PERFIL
A1	6,00
A2	5,50
A3	1,75
A4	6,50
A5	4,25
A6	8,75
A7	8,75
A8	8,25
A9	3,50
A10	6,00
A11	5,50
A12	7,50
A13	2,50
A14	3,00
A15	5,75
A16	4,00
A17	4,25
A18	5,25
A19	7,25
A20	7,75
A21	5,75
MÉDIA	5,61
Desvio padrão	2,01

Legenda A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ..., 21}. Fonte:Produção própria (2017).

O perfil médio dos depoentes foi de 5,61±2,01. Apesar de o elevado desvio padrão representar uma alta dispersão de respostas, ao se considerar o valor médio, confirma-se que os depoentes se encontram entre os estereótipos responsivos β e γ com concentração no perfil I₂P₁.

Correlacionando as análises abalizadas pela TCP e pelos MMC, conclui-se que a experiência intermediária (E₃) está relacionada à pouca plausibilidade de respostas (I₂P₁), haja

vista que os estudantes não conseguem situar suas proposições em exemplos, contextualizá-las ou sequer justificá-las. No entanto, são dotados de respostas inteligíveis que, com intermediária experiência (E₃), exprimem ideias oriundas de ecologias conceituais que não necessariamente estão ligadas à educação formal do depoente, mas ao contexto em que o mesmo está inserido, considerando as mídias digitais e as informações consumidas pelo sujeito que (in)diretamente corroboram suas impressões sobre Ciência, método, trabalho e conhecimento científico.

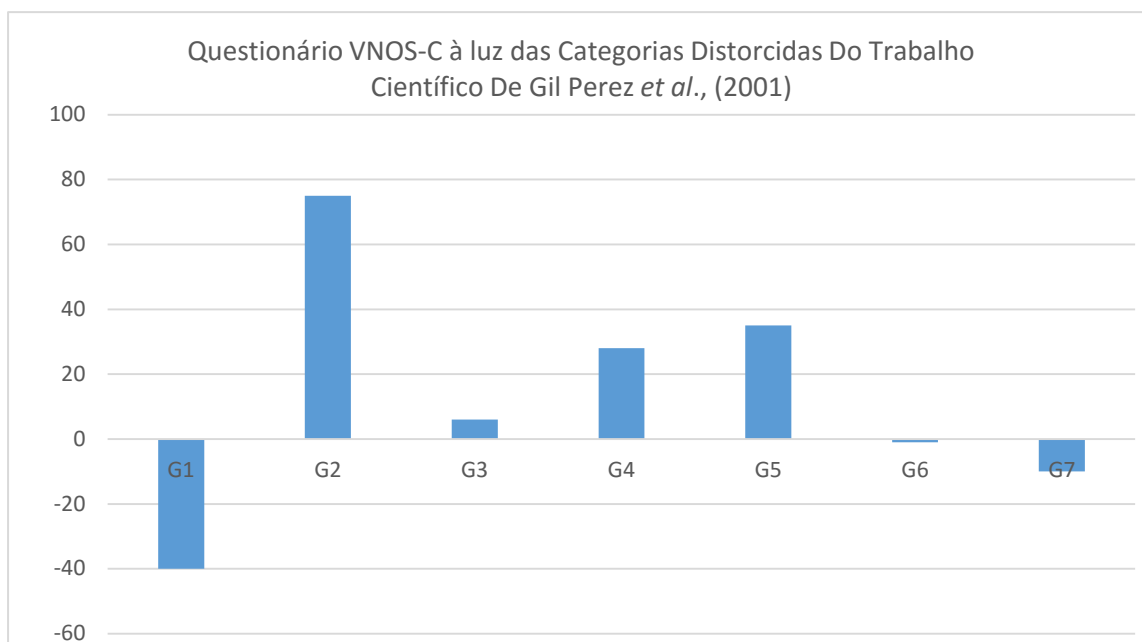
Finalizando a análise das concepções alternativas dos professores de Física em formação suscitadas pelo VNOS-C, classificaram-se tais concepções à luz das categorias “visões distorcidas do trabalho científico” de Gil Perez *et al.*, (2001). A tabela 11e gráfico 3 apresentam, em resumo, os valores acumulados para cada categoria em cada questão do VNOS-C, bem como o acumulado total.

Tabela 11 – VNOS-C à luz das categorias visões distorcidas do trabalho científico

Questionário VNOS-C à luz das Categorias Distorcidas do Trabalho Científico De Gil Perez <i>et al.</i> (2001)							
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
Q1	-6	10	1	1	1	0	-2
Q2	-1	15	-1	19	0	1	-1
Q3	-4	19	3	3	0	0	1
Q4	-6	16	3	4	1	0	1
Q5	-3	8	2	-1	4	-1	-2
Q6	-2	17	1	1	11	-1	3
Q7	-4	5	-2	0	17	0	-6
Q8	-8	-11	-1	-1	0	0	-2
Q9	-7	-7	0	0	1	0	0
Q10	1	3	0	2	0	0	-2
ACUMULADO	-40	75	6	28	35	-1	-10

Fonte: Produção própria (2017).

Gráfico 3 – Acumulado de visões distorcidas do trabalho científico – VNOS-C



Fonte: Produção própria (2017)

Através do gráfico 3 verificou-se que as categorias de maior expressividade foram G1, G2, G4 e G5. Sendo que G1 se contrapõe a essa distorção, contrariando a referência bibliográfica e a impressão de senso comum de que a Ciência é produto da observação e ainda que a empiria sustenta as decisões científicas, enquanto a indução reforça uma impressão simplista da construção do conhecimento científico. Por outro lado, G2, G4 e G5, apresentaram-se deformadas, expondo um público que confia em demasia no caráter algorítmico, infalível e exato de uma Ciência muito dependente de um método científico pragmático, em uma ciência positivista, parcelar, compartimentada e exclusiva, bem como no crescimento linear e cumulativo do conhecimento científico.

5.2 Questionário Antecipação

Para a análise do questionário da Antecipação cabe a ressalva de que o VNOS-C é um instrumento cujos itens inquerem diretamente sobre NdC, enquanto o da Antecipação trata-se de aspectos relacionados à construção histórica dos conceitos acerca da natureza da luz e dos fenômenos ópticos. Antes que ocorram questionamentos sobre os diferentes objetivos dos questionários do CEK, nota-se que estes conseguem inferir também a respeito de aspectos relacionados à natureza da Ciência, visto que as respostas são oriundas da ecologia conceitual dos licenciandos e, portanto, a manobra em um conceito articula uma gama de outras

concepções pertinentes. Nesse sentido, elabora-se a sequência didática e de questionários baseados na inserção da HFC enquanto estratégia de ensino, sobretudo, porque a literatura enfatiza a correlação desses dois aspectos.

Nesse íterim, a tabela 12 indica a tabulação referente ao questionário da Antecipação acrescida de informações como a variância de cada item e a soma por depoente.

Tabela 12 – Validação das Respostas do Questionário Antecipação (alfa de Cronbach)

ALUNO	QUESTÕES						SOMA
	Q1-A	Q1-B	Q1-C	Q2-A	Q2-B	Q2-C	
A1	3	4	5	5	2	3	22
A2	4	2	3	3	4	2	18
A3	3	2	1	1	NC	NR	7
A4	3	3	NR	3	3	1	13
A5	NC	1	1	3	4	2	11
A6	5	5	3	4	5	1	23
A7	5	5	4	NR	NR	NC	14
A8	4	4	4	5	3	3	23
A9	4	4	NR	2	NR	NR	10
A10	3	3	1	2	NR	3	12
A11	5	5	3	4	NR	NR	17
A12	NR	NC	NC	4	4	1	9
A13	4	3	4	3	3	3	20
A14	1	2	4	4	NC	1	12
A15	3	4	4	5	NR	3	19
A16	4	5	3	3	NR	NR	15
A17	4	3	3	4	NR	1	15
A18	1	2	4	3	NC	1	11
A19	4	NR	NC	5	4	1	14
A20	NC	4	2	4	5	3	18
A21	5	3	4	4	3	3	22
VARIÂNCIA	1,43	1,47	1,49	1,21	0,85	0,93	

Legenda: NC: respostas não compreendidas; NR: questões não respondidas; I: Respostas Insatisfatórias; A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ..., 21}; Q_n = Questão n {n=1,2, ..., 10} . Fonte: Produção própria (2017)

Através da tabulação e de acordo com a expressão 1, obtém-se o alfa de Cronbach para o instrumento em questão.

$$\alpha = \left(\frac{6}{6-1} \right) \left(1 - \frac{1,43+1,47+1,49+1,21+0,85+0,93}{23,26} \right)$$

$$\alpha = \left(\frac{6}{6-1} \right) \left(1 - \frac{7,38}{23,26} \right) = 0,819$$

Ao apresentar $\alpha = 0,819$, o questionário da antecipação configura-se um instrumento de alta consistência interna e, portanto, válido.

Além de válido, o referido instrumento apontou o comportamento das concepções alternativas dos estudantes. Nesta etapa criou-se uma escala de cinco níveis de experiência, atentando-se para a definição do corolário da Experiência da TCP. De acordo com as médias de cada depoente, a média do grupo investigado apresenta-se por meio da tabela 13.

Tabela 13 – Médias individuais para análise à luz dos corolários da TCP – Antecipação

ALUNO	MÉDIA
A1	3,67
A2	3,00
A3	1,75
A4	2,60
A5	2,20
A6	3,83
A7	4,67
A8	3,83
A9	3,33
A10	2,40
A11	4,25
A12	3,00
A13	3,33
A14	2,40
A15	3,80
A16	3,75
A17	3,00

Continua

ALUNO	MÉDIA
A18	2,20
A19	3,50
A20	3,60
A21	3,67
MÉDIA DO GRUPO	3,23

Legenda A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ... , 21}. Fonte: Produção própria (2017).

Posto a média do grupo ser 3,23, houve o atendimento do corolário no seu nível intermediário (E₃), reafirmando o mesmo indicador para o VNOS-C (3,18). Uma vez apresentado esse perfil, reitera-se a experiência superficial do aluno para com o assunto. No VNOS-C estabeleceu-se um nexos entre essa intermediária experiência e a educação não formal do discente, ao senso comum e às mobilizações de construtos dos seus contextos não acadêmicos.

Para a Antecipação não se descarta o nexos precedente, mas se avança no sentido de que o referido instrumento lida com conhecimentos sistematizados cientificamente, pontuando em componentes curriculares sejam da educação básica ou superior, especificamente do curso onde foi aplicada a pesquisa. O valor médio 3,23 está relacionado a alocação da disciplina de História da Física no último semestre do curso e da escassez de eventos, minicursos, palestras sobre o assunto que os alunos tenham participado ou que o curso tenha oferecido.

Portanto, o conteúdo abordado pelo questionário que compreende desde especulações de algumas escolas filosóficas gregas na antiguidade clássica até concepções científicas sobre natureza da luz, seus princípios de propagação e dos fenômenos ópticos de reflexão e refração na Idade Média é algo que os formandos possuem experiência intermediária (E₃).

Em outra perspectiva, de acordo com a tabulação de dados proposta no capítulo anterior, para essa etapa esperava-se que o público apresentasse respostas pouco inteligíveis, seja por conta da precária familiaridade dos depoentes com o tema, ou devido ao inusitado uso da HFC como estratégia didático-metodológica, ou ainda por ser o primeiro momento do curso a debater a História da Física como conteúdo ou como estratégia de ensino. A tabela 14 apresenta como os licenciandos responderam ao questionário.

Tabela 14 – Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω e perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – Antecipação

CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS DO QUESTIONNÁRIO ANTECIPAÇÃO						
ALUNO	α	B		γ		Ω
	I ₁	I ₁ P ₁	I ₂	I ₁ P ₂	I ₂ P ₁	I ₂ P ₂
A1	1	1	1	1	2	0
A2	2	1	0	0	2	1
A3	3	0	0	0	1	0
A4	1	2	1	0	1	0
A5	3	1	0	0	1	0
A6	1	0	0	0	1	4
A7	0	0	0	0	1	2
A8	0	1	1	1	1	2
A9	1	0	0	0	1	1
A10	2	0	2	0	0	0
A11	0	1	0	0	1	2
A12	1	1	1	0	0	0
A13	0	4	0	1	1	0
A14	2	2	0	0	0	0
A15	0	2	0	0	2	1
A16	1	1	0	0	1	1
A17	1	2	0	0	2	0
A18	3	2	0	0	0	0
A19	1	0	0	0	1	2
A20	1	3	0	0	0	1
A21	0	4	0	0	2	0
TOTAL	24	28	6	3	21	17
TOTAL	24	34		24		17

Legenda A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ... , 21}. Fonte: Produção própria (2017)

Gráfico 4 – Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω - Antecipação



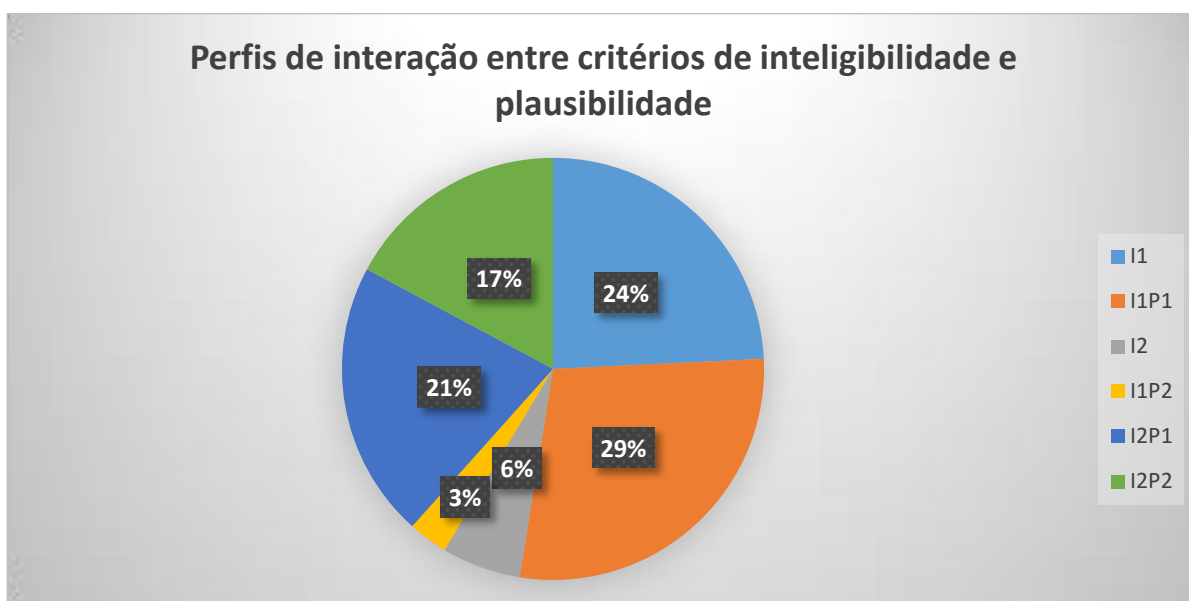
Fonte: Produção própria (2017)

De acordo com gráfico 4, o estereótipo β computou 35% das respostas. Pontuando igualmente 24%, os estereótipos α e γ ajudam a entender o comportamento das assertivas que antes era inteligível e agora apresenta esse critério de forma menos incisiva. Enquanto que no VNOS-C havia uma tendência para respostas coerentes às ecologias conceituais, neste questionário, percebeu-se essa inteligibilidade sendo testada. Fato que, consequentemente, desloca a tendência responsiva para perfis que atendem essas demandas contextuais (α , β e γ).

Os três estereótipos conceituais apresentaram três perfis de inteligibilidade mínima (I_1 , I_1P_1 e I_1P_2), contabilizando 55 respostas e três de inteligibilidade máxima (I_2 e I_2P_1) com 27 respostas, significando que o questionário suscitou respostas pouco inteligíveis. No que se refere à plausibilidade, os três estereótipos, em destaque, exibiram 49 respostas de plausibilidade mínima e apenas três com plausibilidade máxima.

Logo, o questionário da Antecipação indicou respostas pouco inteligíveis e pouco plausíveis. Dessa forma, os depoentes possuem construções limitadas a respeito do conteúdo, apresentando dificuldades em exemplificar suas respostas e/ou justificá-las. O fato demonstra que não ocorreu superação do conceito prévio, típico de respostas reproduzidas indiscriminadamente e de conceitos e teorias apresentados de forma sucinta, irrefletida e com base no senso comum.

Gráfico 5 – Perfis de Interação entre os critérios de Inteligibilidade e Plausibilidade – Antecipação



Fonte: Produção Própria (2017).

Quando se analisa o gráfico 5, o delineamento do perfil está em acordo com o que foi concluído anteriormente: I_1P_1 (inteligibilidade e plausibilidade mínimas). Este perfil, pode ser interpretado pejorativamente quando se analisa segundo a óptica de que o sujeito, em seu sistema de construto, não dispõe dessas estruturas ao que foi inquirido. Contudo, para o processo de mudança conceitual que se intenta, é um perfil útil, haja vista que, com baixos níveis de inteligibilidade e plausibilidade os sujeitos tornam-se insatisfeitos com o conceito em voga, expondo-o a estratégias inquisidoras, reflexivas, como as empregadas pela HFC.

Portanto, visto a Antecipação preceder o Investimento, o perfil I_1P_1 pode representar um mote adequado para implementação da sequência didática. Além do mais, conforme a tabela 15 percebe-se que a maioria dos inquiridos situaram-se entre os estereótipos β e γ .

Tabela 15 – Notas dos alunos quanto aos Estereótipos Conceituais e Perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – Antecipação

ALUNO	PERFIL
A1	5,83
A2	5,83
A3	2,50
A4	4,17
A5	3,33
A6	8,33
A7	4,58
A8	7,50
A9	3,33
A10	2,50
A11	5,42
A12	2,08
A13	5,83
A14	2,50
A15	5,83
A16	4,17
A17	4,58
A18	2,92
A19	5,00
A20	4,58
A21	5,83
MÉDIA	4,60
Desvio padrão	1,68

Legenda A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ... , 21}. Fonte: Produção própria (2017).

Com média $4,60 \pm 1,68$ a turma situou-se propriamente no estereótipo β com variação que pode chegar ao γ . Essa média, mais uma vez corrobora com perfil (I₁P₁) da turma, pois quando se observa exclusivamente o estereótipo β , este foi o perfil que mais pontuou. Em resumo, as respostas do questionário da Antecipação se apresentaram predominantemente I₁P₁, ou seja, pouco inteligíveis e pouco plausíveis.

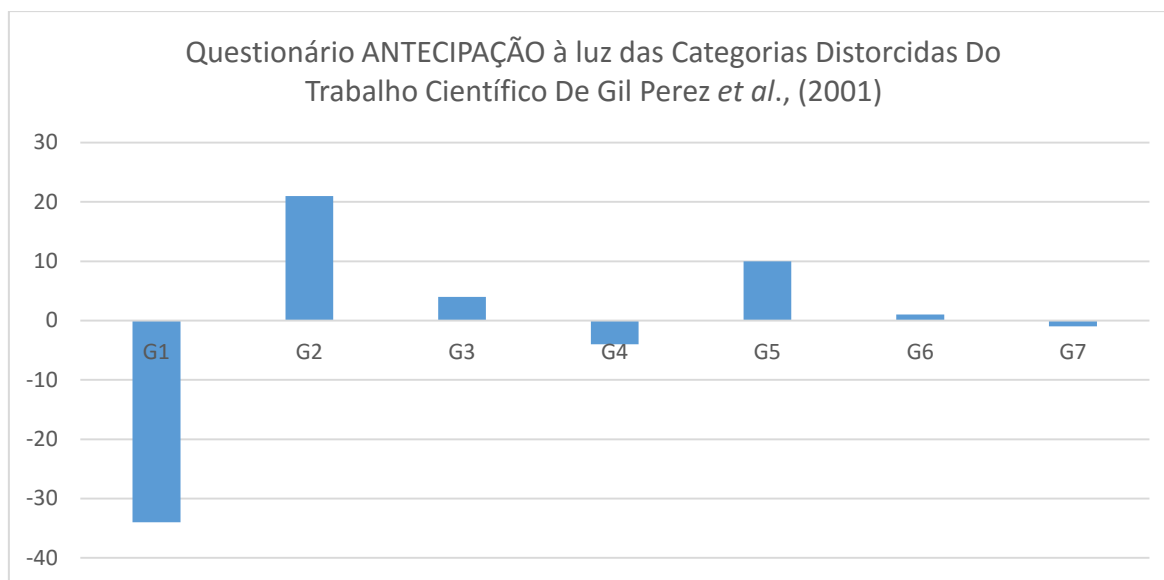
A relação entre $E_3(3,23)$ e o perfil $\gamma - I_1P_1(4,60\pm 1,68)$ ocorreu principalmente pela plausibilidade mínima apresentada pelos depoentes que pouco exibiram respostas com justificativas e/ou contextualizações, enquanto que a inteligibilidade mínima relacionou-se ao uso da HFC com conteúdo e estratégia de ensino.

Complementando as análises precedentes no que diz respeito ao comportamento das concepções alternativas sobre natureza da ciência, a tabela 16 e o gráfico 6 apresentam o acumulado de categorias “visões distorcidas do trabalho científico” para cada questão do instrumento da Antecipação, bem como o acumulado geral para o referido questionário.

Tabela 16 – Antecipação à luz das categorias visões distorcidas do trabalho científico

Questionário ANTECIPAÇÃO à luz das Categorias Distorcidas Do Trabalho Científico De Gil Perez <i>et al.</i> (2001)							
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
Q1-A	-13	-8	-6	-6	3	0	0
Q1-B	-4	1	7	0	2	0	0
Q1-C	-5	6	-3	0	0	0	0
Q2-A	-2	15	1	1	4	-1	-1
Q2-B	-8	1	0	2	0	2	0
Q2-C	-2	6	5	-1	1	0	0
ACUMULADO	-34	21	4	-4	10	1	-1

Fonte: Produção própria (2017)

Gráfico 6 – Acumulado de visões distorcidas do trabalho científico – Antecipação

Fonte: Produção própria (2017)

Conforme o gráfico 6, é possível afirmar que as categorias G1, G2 e G5 destacaram-se entre as sete. Em paralelo com o questionário anterior, nota-se que os padrões para G1 e G2 foram mantidos. Enquanto G1 permaneceu não distorcida (-34), G2 seguiu sua distorção (21). Apesar do ínfimo decréscimo, G5 persistiu distorcida, ou seja, os respondentes acreditam que a Ciência é o resultado do acúmulo do conhecimento científico.

Ainda em comparação com o instrumento anterior, encontrou-se uma reversão na categoria G4 (visão exclusivamente analítica) que trata do caráter parcelar do conhecimento, da especialização e da compartimentalização dos saberes científicos. Se, no VNOS-C, G4 apareceu distorcida (28), na Antecipação esta pontuou como não deformada (-4). Apesar de situar-se próximo ao zero, essa tendência de inversão está relacionada aos primeiros procedimentos do CEK, ao questionamento das concepções alternativas dos discentes e a apresentação de situações em que a Ciência não aparece fragmentada, sobretudo, que ela possui interfaces com outras ciências e saberes, como é o caso das formulações dos conceitos de refração por Claudio Ptolomeu e de reflexão por *Al-Hazen* semelhantes aos modernos conceitos destes fenômenos.

5.3 Questionário Investimento

Para a validação do questionário do Investimento, a pontuação variou em uma escala de cinco níveis, os quais correspondem a combinações entre dois níveis do corolário da

Experiência e três níveis do corolário da Construção. Assim, a tabela 17 expressa essa sistematização para o referido instrumento.

Tabela 17 – Validação das Respostas do Questionário Investimento (alfa de Cronbach)

ALUNO	QUESTÕES			SOMA
	Q1-A	Q1-B	Q2-A	
A1	2	4	4	10
A2	4	2	NC	6
A3	2	NC	NC	2
A4	3	2	1	6
A5				
A6	3	5	4	12
A7	5	4	4	13
A8	NC	3	3	6
A9	4	4	NR	8
A10	3	3	NR	6
A11	4	4	NR	8
A12				
A13	2	2	4	8
A14	4	4	NC	8
A15	4	4	2	10
A16	3	3	1	7
A17	4	4	NC	8
A18	4	4	NC	8
A19	3	NR	2	5
A20	2	5	3	10
A21	1	4	3	8
VARIÂNCIA	1,09	0,88	1,36	

Legenda: NC: respostas não compreendidas; NR: questões não respondidas; I: Respostas Insatisfatórias; A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ... , 21}; Q_n = Questão n {n=1,2, ... , 10}. Fonte: Produção Própria (2017)

Como decorrido para os instrumentos anteriores, mais uma vez utilizou-se à expressão 1 para o cálculo de validação via alfa de Cronbach.

$$\alpha = \left(\frac{3}{3-1} \right) \left(1 - \frac{1,09 + 0,88 + 1,36}{6,36} \right)$$

$$\alpha = \left(\frac{3}{2} \right) \left(1 - \frac{3,33}{6,36} \right) = 0,714$$

Com $\alpha = 0,714$ tem-se mais um questionário validado com considerável consistência interna. Em outra perspectiva, a tabulação dos dados forneceu informações como a média do grupo que sintetiza quais corolários da TCP foram atendidos pelos depoentes. As médias por aluno são apresentadas na tabela 18.

Tabela 18 – Médias individuais para análise à luz dos corolários da TCP – Investimento

ALUNO	MÉDIA
A1	3,33
A2	3,00
A3	2,00
A4	2,00
A5	
A6	4,00
A7	4,33
A8	3,00
A9	4,00
A10	3,00
A11	4,00
A12	
A13	2,67
A14	4,00
A15	3,33
A16	2,33
A17	4,00
A18	4,00
A19	2,50
A20	3,33
A21	2,67
VALOR MÉDIO DE RESPOSTAS	3,24

Legenda An = Aluno n {n=1,2,3,4, ... , 21}. Fonte: Produção própria (2017)

A média igual a 3,24 pode indicar duas possibilidades de caracterização para as concepções alternativas sobre NdC. Ou estas são E_1C_2 ($h=1+2=3$) ou são E_2C_1 ($h=2+1=3$). Observando os quantitativos, E_1 contabilizou 24 respostas, E_2 , 19, C_1 , 11, e C_2 , 29, bem como os perfis E_1C_2 , que obtiveram 12 respostas, enquanto E_2C_1 não pontuou. Conclui-se que tal perfil foi de E_1C_2 , ou seja, a experiência com o assunto continuou irrisória, mas após a implementação das três aulas da etapa foi possível verificar a construção de alguns novos conceitos, lembrando que essas construções, sendo intermediárias, são efêmeras principalmente em virtude da experiência mínima.

Por sua vez, a etapa do Investimento representou o processo de construção. Pode-se afirmar que é uma das fases mais importantes do ciclo, posto que o aluno entra em contato com os conteúdos, e estes podem questionar suas concepções alternativas. Este processo representa o primeiro teste da validade de suas concepções, contudo precisa ser acompanhado ainda na etapa seguinte, visto que esse contato com novos conceitos, não necessariamente implica em mudança conceitual, principalmente quando o novo não atende às demandas internas individuais. A tabela 19 representa como os alunos responderam ao questionário do Investimento.

Tabela 19 – Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω e perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – Investimento

CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO INVESTIMENTO						
ALUNO	α	B		Γ		Ω
	I_1	I_1P_1	I_2	I_1P_2	I_2P_1	I_2P_2
A1	0	0	1	0	1	1
A2	0	1	0	0	0	1
A3	1	0	0	0	0	0
A4	1	2	0	0	0	0
A5						
A6	0	0	1	0	0	2
A7	0	0	0	0	1	2
A8	0	1	0	0	1	0
A9	0	1	0	0	0	1
A10	0	1	0	0	1	0
A11	0	0	0	0	2	0

Continua

CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO INVESTIMENTO						
ALUNO	α	B		Γ		Ω
	I ₁	I ₁ P ₁	I ₂	I ₁ P ₂	I ₂ P ₁	I ₂ P ₂
A12						
A13	1	1	0	1	0	0
A14	0	1	0	0	1	0
A15	0	1	0	0	1	1
A16	1	0	0	0	2	0
A17	0	0	0	0	0	2
A18	0	1	0	0	1	0
A19	0	1	0	0	0	1
A20	0	1	0	1	0	1
A21	1	0	0	1	0	1
TOTAL	5	12	2	3	11	13
TOTAL	5	14		14		13

Legenda An = Aluno n {n=1,2,3,4, ..., 21}. Fonte: Produção Própria (2017).

Gráfico 7 - Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω - Investimento



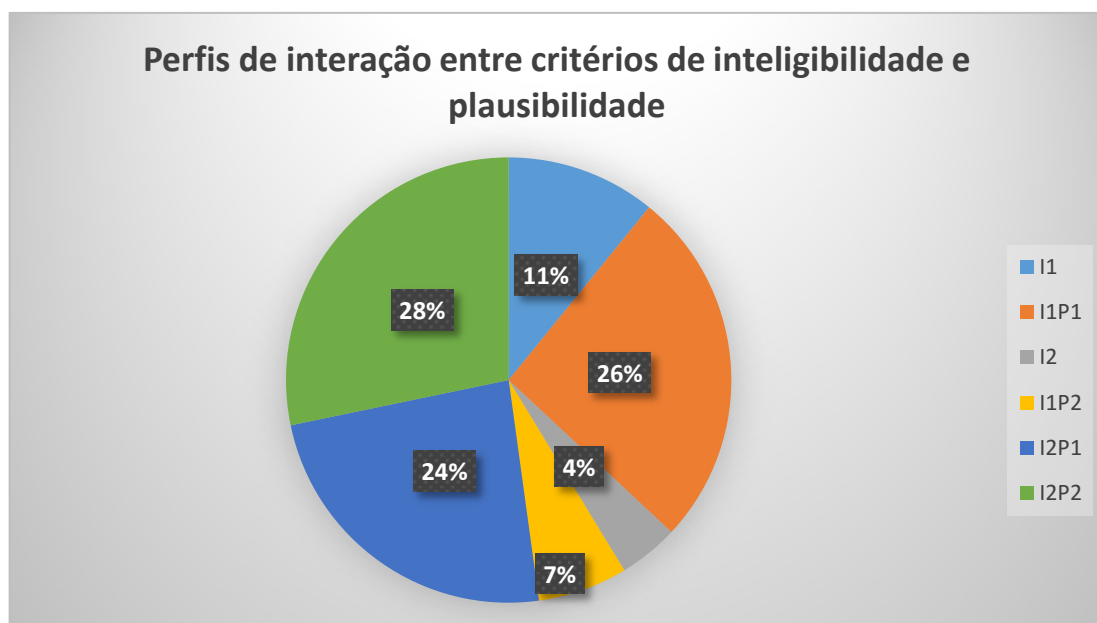
Fonte: Produção Própria (2017).

Nesse caso, verificou-se um equilíbrio entre os estereótipos β , γ e Ω . Contudo, existe uma dificuldade em definir como comportou-se a turma mediante o instrumento, devido a

dispersão das respostas. Tanto β quanto γ pontuaram igualmente, concentrando a maior possibilidade de respostas entre os dois. Detalhando os três estereótipos, dois apresentaram perfis de inteligibilidade mínima (I_1P_1 e I_1P_2), pontuando 15 respostas, e três de inteligibilidade máxima (I_2 , I_2P_1 e I_2P_2) com 26 respostas. Levando em consideração as plausibilidades, percebe-se dois perfis com plausibilidade mínima (I_1P_1 e I_2P_1) que somam 23 respostas e as de 16 respostas oriundas de perfis com plausibilidade máxima (I_1P_2 e I_2P_2). Portanto, encontrou-se para o grupo depoente novamente um perfil I_2P_1 .

Ao analisar, diretamente pela ocorrência de perfis de interação entre os critérios de inteligibilidade e plausibilidade, obteve-se o gráfico 8:

Gráfico 8 – Perfis de Interação entre os critérios de Inteligibilidade e Plausibilidade – Investimento



Fonte: Produção Própria (2017).

Assim, incongruentemente, o perfil que mais pontuou para essa classificação foi o de respostas inteligíveis e plausíveis (I_2P_2), seguido de respostas I_1P_1 . No entanto, a análise anterior implicou em respostas inteligíveis, apresentando-se pouco plausível (I_2P_1), fenômeno que pode ser explicado pelo perfil médio dos estudantes.

Analisando-se os dois estereótipos em que estão situados os perfis I_1P_1 e I_2P_2 , respectivamente β e Ω , estes possuem dois perfis de inteligibilidade máxima (I_2 e I_2P_2) que contabilizam 15 respostas e um perfil de inteligibilidade mínima (I_1P_1) com 12 respostas. Em relação as plausibilidades existe um perfil de plausibilidade mínima (I_1P_1) e outro com plausibilidade máxima (I_2P_2), com 12 e 13 assertivas respectivamente.

Verificou-se praticamente um empate entre os perfis de inteligibilidade e plausibilidade das respostas. Tal fato questiona a primeira análise que enfatiza o perfil I₂P₁ para os depoentes do questionário do Investimento. Para determinar o perfil dos licenciandos para o instrumento, observaram-se os perfis individuais apresentados na tabela 20.

Tabela 20 – Notas dos alunos quanto aos Estereótipos Conceituais e Perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – Investimento

ALUNO	PERFIL
A1	7,50
A2	5,00
A3	0,83
A4	4,17
A5	0,00
A6	8,33
A7	9,17
A8	4,17
A9	5,00
A10	4,17
A11	5,00
A12	0,00
A13	5,00
A14	4,17
A15	7,50
A16	5,83
A17	6,67
A18	4,17
A19	5,00
A20	7,50
A21	6,67
MÉDIA	5,04
Desvio padrão	2,49

Legenda A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ... , 21}. Fonte: Produção própria (2017)

A partir da média pode-se concluir que o estereótipo de respostas é o γ , e este, por sua vez, comporta os perfis I_1P_2 e I_2P_1 . Dentre os dois perfis em destaque, aquele que mais pontuou foi o I_2P_1 , reiterando a análise inicial. O desvio padrão, no entanto, ajuda a entender porque, isoladamente, os perfis I_1P_1 e I_2P_2 pontuaram mais. Tem-se uma média de valores muito dispersos, onde as notas P médias vão desde 2,55(β) até 7,53(Ω), ou seja, encontram-se desde o começo do estereótipo β até o início do estereótipo Ω , situando o perfil médio entre esses dois estereótipos. Em suma, é admissível considerar que para o questionário do Investimento os depoentes foram inteligíveis e pouco plausíveis (I_2P_1).

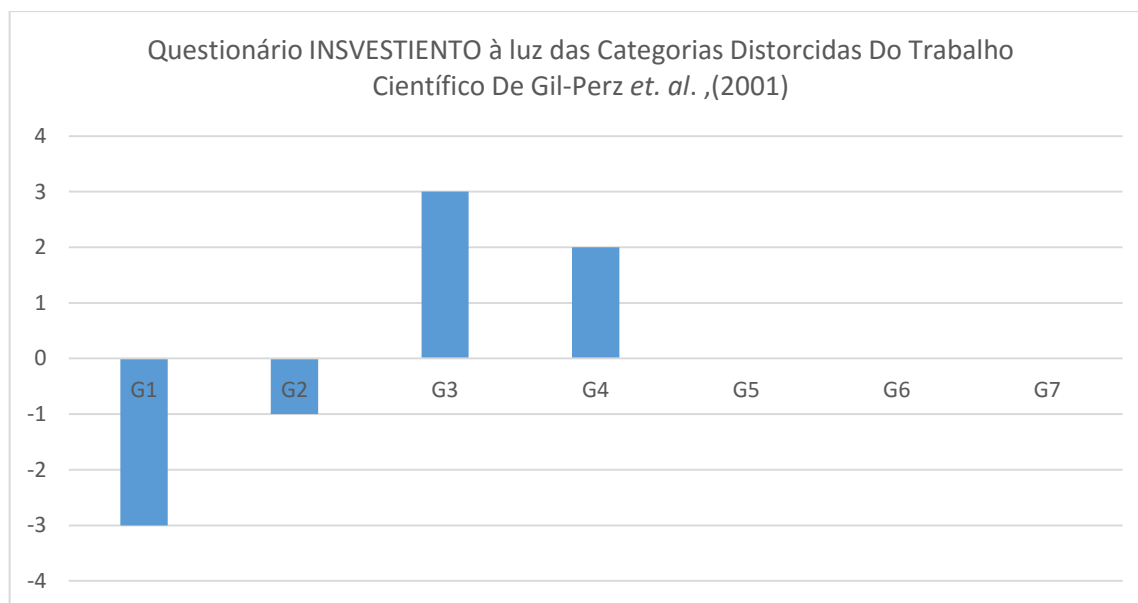
Assim, as concepções alternativas dos licenciandos para a etapa do Investimento são E_1C_2 (Experiência Mínima e Construção Intermediária) e I_2P_1 (Inteligibilidade Máxima e Plausibilidade Mínima). Cruzando as informações, E_1 continua relacionada a abordagem histórico-filosófica da Óptica, dificultando o processo de justificativa de seus posicionamentos e impactando diretamente na plausibilidade que aparece no seu nível mínimo (P_1). Outrossim, um perfil de inteligibilidade máxima (I_2) para um processo de construção intermediária (C_2), significa concepções alternativas que atendem temporariamente às demandas internas dos sujeitos, o que pode significar um risco, dado que essas concepções alternativas sejam equivocadas.

No intuito de empreender a análise sobre esses equívocos, observaram-se essas concepções à luz das “visões distorcidas do trabalho científico” de Gil Perez *et al.*, (2001). O reduzido número de questões fez do acumulado uma pontuação baixa. A tabela 21 apresenta como as concepções dos formandos sobre NdC aparecem no questionário do CEK no qual os licenciandos recorrem à literatura, à pesquisa e aos procedimentos didáticos adotados em sala de aula (debates, resumos e revisões).

Tabela 21 – Investimento à luz das categorias visões distorcidas do trabalho científico

Questionário INVESTIMENTO à luz das Categorias Distorcidas Do Trabalho Científico De Gil Perez <i>et. al.</i> , (2001)							
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
Q1	0	0	8	0	0	0	0
Q2	-2	-1	-4	0	0	0	0
Q3	-1	0	-1	2	0	0	0
ACUMULADO	-3	-1	3	2	0	0	0

Fonte: Produção própria (2017).

Gráfico 9 – Acumulado de visões distorcidas do trabalho científico – Investimento

Fonte: Produção própria (2017).

A medida que prosseguem as análises, a categoria G1 persistiu como não distorcida, contrariando a expectativa. No Investimento verificou-se a ocorrência da categoria G2 não deformada, enquanto que G4 retornou ao *status* de inadequada. Esta oscilação entre os polos responsivos relaciona-se às falhas na plausibilidade de respostas.

Todavia, o destaque para esse instrumento concentrou-se na categoria G3 que não condiz com a execução dessa etapa, pois, embora os estudantes tenham tido acesso a textos históricos de fontes primárias com comentários, fontes secundárias e artigos publicados em revistas, mesmo assim apresentaram respostas de cunho a-problemático e/ou a-histórico.

Esta aparente incoerência forneceu à pesquisa um importante resultado percebido na análise para validação, especificamente, na escolha do corolário da modulação para a etapa consecutiva do Experimento. A baixa ocorrência desse corolário implica em construções conceituais que não aderem ou modificam o conceito central, ou seja, o sujeito participa da etapa, elabora construtos dicotômicos e pode até elegê-los, mas estes não dizem respeito a construção precedente. Logo, o conceito central não é acrescido dessa informação e nem é modificado.

5.4 Questionário Experimento

É importante frisar que o questionário do experimento reproduziu um roteiro de prática de laboratório do IFCE e, apesar de cumprir seu papel na execução da sequência didática baseada no CEK, ofereceu problemas de validação, análise, uma vez que diferentemente dos demais questionários elaborados pelo autor, este não é influenciado teórico e metodologicamente pela TCP e pelos MMC.

Dentre os problemas encontrados para validar o instrumento, destacou-se o seu segundo item que, embora aberto, apresentou uma resposta única para todo o grupo investigado, pois a questão requeria que o estudante informasse o valor do índice de refração do acrílico. Consequentemente, esse item não apresentou relevância estatística, visto da nulidade do desvio padrão, variância e coeficiente de variância, havendo a exclusão desta validação. Segue abaixo a tabela 22, a qual apresenta a tabulação dos dados do questionário do Experimento para sua decorrente validação.

Tabela 22 – Validação das Respostas do Questionário Experimento (alfa de Cronbach)

ALUNO	QUESTÕES			SOMA
	Q1	Q3	Q4	
A1	4	3	3	10
A2	2	1	4	7
A3	4	3	1	8
A4	2	1	4	5
A5	2	1	4	5
A6	2	1	2	3
A7	4	3	3	10
A8	4	3	3	10
A9	5	3	NC	8
A10	2	1	1	4
A11	4	3	NR	7
A12	2	1	1	4
A13	4	3	1	8
A14	2	1	2	3
A15	4	4	3	11

Continua

ALUNO	QUESTÕES			SOMA
	Q1	Q3	Q4	
A16	4	3	3	10
A17	4	5	3	12
A18	2	1	2	3
A19	5	3	NC	8
A20	2	5	NC	7
A21	5	3	NC	8
VARIÂNCIA	1,16	1,76	1,20	

Legenda: NC: respostas não compreendidas; NR: questões não respondidas; I: Respostas Insatisfatórias; A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ..., 21}; Q_n = Questão n {n=1,2, ..., 10}. Fonte: Produção Própria (2017).

De acordo com os dados e com a expressão 1, pode-se calcular o alfa de Cronbach para o referido instrumento.

$$\alpha = \left(\frac{3}{3-1} \right) \left(1 - \frac{1,16+1,76+1,20}{5,13} \right)$$

$$\alpha = \left(\frac{3}{2} \right) \left(1 - \frac{4,38}{5,13} \right) = 0,221$$

Visto que $\alpha = 0,221$, o questionário tem uma ínfima consistência interna, não garantindo, pois, a validade do instrumento. Embora este não tenha sido validado, mesmo ocorrendo a exclusão do seu segundo item, decorreu-se análise mediante os corolários da TCP. Para tanto, considera-se a média por aluno, conforme a tabela 23:

Tabela 23 – Médias individuais para análise à luz dos corolários da TCP – Experimento

ALUNO	MÉDIA
A1	3,33
A2	2,33
A3	2,67
A4	2,33
A5	2,33
A6	1,67
A7	3,33

Continua

ALUNO	MÉDIA
A8	3,33
A9	4,00
A10	1,33
A11	3,50
A12	1,33
A13	2,67
A14	1,67
A15	3,67
A16	3,33
A17	4,00
A18	1,67
A19	4,00
A20	3,50
A21	4,00
VALOR MÉDIO DE RESPOSTAS	2,86

Legenda A_n = Aluno n { $n=1,2,3,4, \dots, 21$ }. Fonte: Produção Própria (2017)

Esse perfil médio garante o atendimento dos corolários da experiência e da construção ($h=1+1=2$). A diferença 0,86 restante está ligada ao atendimento do corolário da dicotomia. Sendo $h=2,86$ significa que 86% das assertivas também foram contempladas pelo corolário da dicotomia, ou seja, apenas 14% das respostas não apresentaram evidência do paralelo entre as concepções alternativas primeiras dos depoentes e suas concepções construídas na etapa do Investimento.

Nessa etapa, o fato mais grave foi que o perfil não contemplou os corolários da eleição e da modulação, significando que os licenciandos sequer elegeram um dos polos responsivos, tampouco o agregou ao conceito central, configurando assim o peculiar paralelismo conceitual. Essa análise, por sua vez, mostrou-se ainda incompleta, precisando observar a próxima etapa, que poderá, ou não, desfazer o referido paralelismo.

Posteriormente, empreendeu-se análise do instrumento mediante os critérios de inteligibilidade e plausibilidade dos MMC, visto a conclusão do CEK depender desta etapa e entender-se que o questionário apenas sintetiza aquilo implementado pela sequência didática. A utilização do roteiro de prática de laboratório de Física do IFCE, embora oferecesse

problemas de validação e análise, conseguiu fornecer informações sutis a respeito das concepções alternativas dos sujeitos investigados.

Assim, a tabela 24 apresenta as respostas do grupo para o questionário.

Tabela 24 – Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω e perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – Experimento

CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS DO QUESTIONÁRIO EXPERIMENTO						
ALUNO	A	β		γ		Ω
	I ₁	I ₁ P ₁	I ₂	I ₁ P ₂	I ₂ P ₁	I ₂ P ₂
A1	0	0	0	0	2	1
A2	1	1	0	0	1	0
A3	1	0	0	0	1	1
A4	1	1	0	0	1	0
A5	1	1	0	0	1	0
A6	1	1	1	0	0	0
A7	0	0	0	0	2	1
A8	0	0	0	0	2	1
A9	0	0	0	0	1	1
A10	2	1	0	0	0	0
A11	0	0	0	0	1	1
A12	2	1	0	0	0	0
A13	1	0	0	0	1	1
A14	1	1	1	0	0	0
A15	0	0	0	0	1	2
A16	0	0	0	0	2	1
A17	0	0	0	0	1	2
A18	1	1	1	0	0	0
A19	0	0	0	0	1	1
A20	0	0	0	0	0	1
A21	0	0	0	0	1	1
TOTAL	12	8	3	0	19	15
TOTAL	12	11		19		15

Legenda A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ... , 21}. Fonte: Produção Própria (2017).

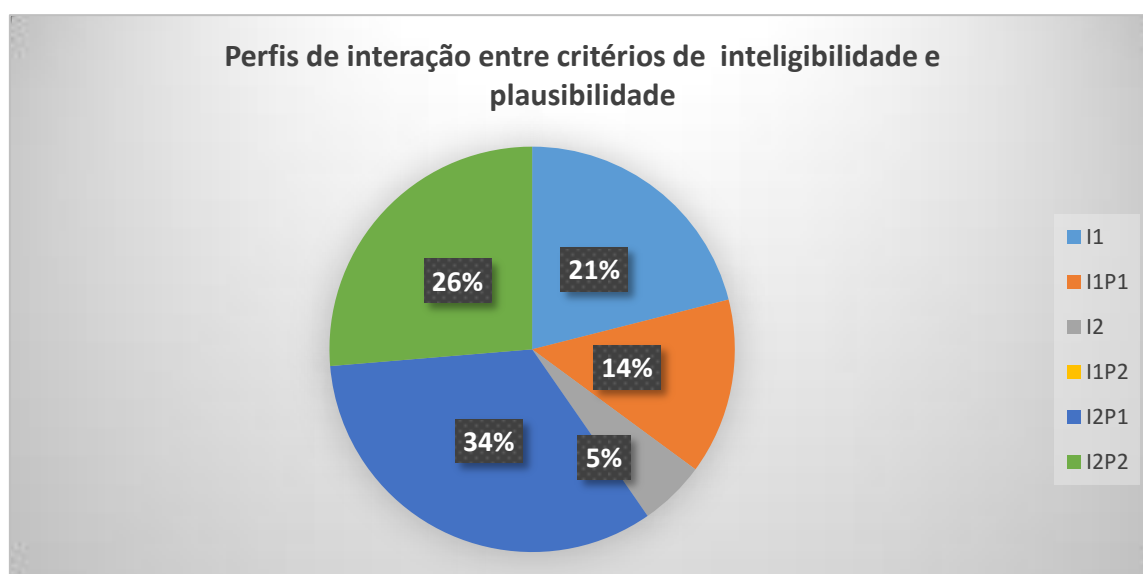
Gráfico 10 – Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω - Experimento

Fonte: Produção própria (2017).

A partir do gráfico 10 constatou-se um equilíbrio entre os estereótipos α e β com destaque a 12 respostas tão somente com inteligibilidade mínima α (I_1). Em comparação, os estereótipos que mais pontuaram foram γ (34%) e Ω (26%), respectivamente. Os referidos estereótipos possuem dois perfis de inteligibilidade máxima (I_2P_1 e I_2P_2) com 36 respostas, enquanto o único perfil de inteligibilidade mínima (I_1P_2) não pontuou. Quanto a plausibilidade, γ e Ω possuem um perfil com plausibilidade mínima (I_2P_1) com 19 respostas, e dois perfis de plausibilidade máxima (I_1P_2 e I_2P_2), totalizando 15 respostas. Assim, pode-se afirmar que o perfil dos depoentes para o questionário do Experimento foi de respostas inteligíveis e pouco plausíveis.

O fato corroborado pelo gráfico 11 apresentou essa distribuição de ocorrências por perfis de inteligibilidade e plausibilidade.

Gráfico 11 – Perfis de Interação entre os critérios de Inteligibilidade e Plausibilidade – Experimento



Fonte: Produção Própria (2017)

Como visto, o perfil com maior porcentagem foi o de respostas inteligíveis e pouco plausíveis, reiterando a hipótese inicial. Observaram-se, ainda, os perfis médios quanto aos critérios de interação entre inteligibilidade e plausibilidade, explicitados em conformidade com a tabela 25.

Tabela 25 – Notas dos alunos quanto aos Estereótipos Cocneituais e Perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – Experimento

ALUNO	PERFIL
A1	8,33
A2	5,00
A3	6,67
A4	5,00
A5	5,00
A6	4,17
A7	8,33
A8	8,33
A9	5,83
A10	3,33
A11	5,83

Continua

ALUNO	PERFIL
A12	3,33
A13	6,67
A14	4,17
A15	9,17
A16	8,33
A17	9,17
A18	4,17
A19	5,83
A20	3,33
A21	5,83
MÉDIA	5,99
Desvio padrão	1,97

Legenda A_n = Aluno n { $n=1,2,3,4, \dots, 21$ }. Fonte: Produção Própria (2017)

O perfil médio 5,99 está situado no estereótipo γ que comporta os perfis I_1P_2 e I_2P_1 . Haja vista o I_1P_2 não pontuar, é lógico afirmar que o perfil médio responsivo do grupo investigado para esse questionário foi de respostas inteligíveis e pouco plausíveis (I_2P_1).

Decorrente dessas análises, a tipologia de construto verificada no Experimento ($E_1C_1D_{0,86}Es_0M_0$) estabelece relações com o perfil I_2P_1 . Por exemplo, já foi expresso que a disciplina História da Física é ministrada no último semestre do curso de Licenciatura em Física do IFCE e, nesse caso, a maioria dos participantes já tinham cumprido a disciplina de Física Experimental II que trata dos aspectos experimentais de Física Térmica, Oscilações, Ondas e Óptica, indicando que os depoentes possuíam considerável familiaridade com aspectos tácitos do conteúdo de Óptica. Por outro lado, o grupo investigado ao estar matriculado, já havia cumprido a disciplina de Óptica, pré-requisito para Física Moderna, sendo a última pré-requisito para História da Física. Em suma, a experiência (E_1) está associada diretamente ao cumprimento desses créditos, enquanto a construção (C_1) relaciona-se ao emprego da sequência didática que lidou especificamente com a abordagem histórico-filosófica da Óptica. Dessa forma, é acertado afirmar que a inteligibilidade máxima (I_2) tem relação com E_1C_1 , embora tenda mais a E_1 do que a C_1 .

Em outra abordagem, $C_1D_{0,86}$ refere-se à plausibilidade mínima (P_1). A construção observada no Experimento é produto daquela construção intermediária obtida no Investimento

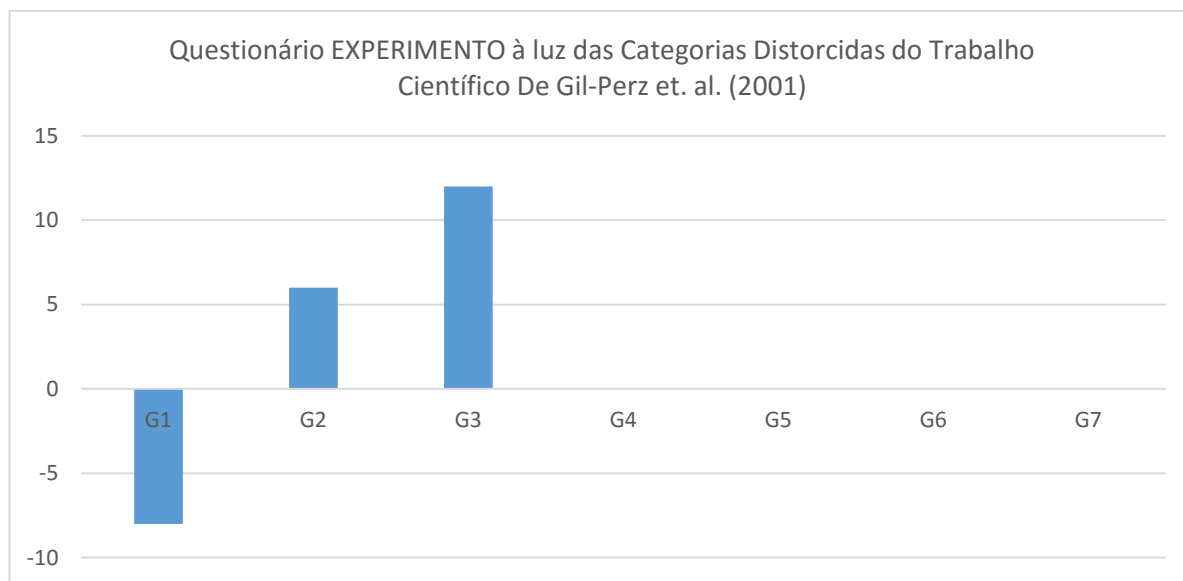
que impacta diretamente no processo de dicotomização conceitual. Desse processo foram gerados dois polos responsivos, um mais complexo, aquele composto pelas construções decorrentes das disciplinas de Óptica, Física Moderna e Física Experimental II, já integrados ao sistema de construtos dos sujeitos, e outro, em processo de construção, aquele resultado da educação não formal dos sujeitos e da sequência didática empreendida por essa pesquisa. Cabe a ressalva de que 14% das respostas não conseguiram polarizar estas ideias. Presumiu-se, então, que P_1 tanto relacionou-se ao processo de construção quanto ao polo vulnerável da dicotomização.

Após a exclusão de um de seus itens para a decorrente análise do questionário Experimento, à luz das categorias “visões distorcidas do trabalho científico” de Gil Perez *et al.*, 2001, verificou-se a impossibilidade de exame de mais dois itens. Nesse caso, foi possível apenas a análise da quarta questão. Assim sendo, a tabela 26 apresenta as visões sobre NdC e trabalho científico apresentados pelos depoentes.

Tabela 26 – Experimento à luz das categorias visões distorcidas do trabalho científico

Questionário EXPERIMENTO à luz das Categorias Distorcidas Do Trabalho Científico De Gil Perez <i>et al.</i> , (2001)							
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
Q1	0	0	0	0	0	0	0
Q3	0	0	0	0	0	0	0
Q4	-8	6	12	0	0	0	0
ACUMULADO	-8	6	12	0	0	0	0

Fonte: Produção Própria (2017).

Gráfico 12 – Acumulado de visões distorcidas do trabalho científico – Experimento

Fonte: Produção Própria (2017)

Salvo a presença destacada da categoria G3 (a-problemática e/ou a-histórica) que, dessa vez, se justificou pelo caráter tácito das medições, elaborações de tabelas e cálculos de erros percentuais, G1 permaneceu de forma não distorcida, enquanto G2 retornou ao *status* de visão distorcida. Por conseguinte, as três categorias supracitadas consolidaram-se como aquelas com maior incidência.

5.5 Questionário (Des)confirmação

O questionário da (Des) confirmação também recorreu a cinco corolários da TCP para a pontuação dos seus cinco níveis, conforme apresentado no tópico 4.2.2.. A tabela 27 sistematiza a tabulação para o questionário.

Tabela 27 – Validação das Respostas do Questionário (Des)confirmação (alfa de Cronbach)

ALUNO	QUESTÕES					SOMA
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	
A1	4	4	3	4	2	17
A2	3	4	NC	1	4	12
A3	2	2	1	NC	4	9
A4	3	3	5	2	5	18

Continua

ALUNO	QUESTÕES					SOMA
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	
A5	5	4	5	5	5	24
A6	3	5	5	5	5	23
A7	5	4	NR	5	5	19
A8	4	3	5	NC	5	17
A9	3	3	NR	5	NC	11
A10	2	2	3	5	4	16
A11	5	5	3	5	3	21
A12	3	3	2	5	5	18
A13	2	3	NC	5	5	15
A14	3	3	NC	NC	NC	6
A15	NC	1	4	2	3	10
A16	3	3	NC	NR	3	9
A17	4	2	NC	4	3	13
A18	3	3	NC	NC	NC	6
A19	5	5	5	3	5	23
A20	3	3	3	4	1	14
A21	5	3	3	5	5	21
VARIÂNCIA	1,11	1,09	1,76	1,80	1,53	

NC: respostas não compreendidas; NR: questões não respondidas; I: Respostas Insatisfatórias; A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ..., 21}; Q_n = Questão n {n=1,2, ..., 10}. Fonte: Produção própria (2017)

Mediante a fórmula para o cálculo do coeficiente alfa de Cronbach, tem-se que:

$$\alpha = \left(\frac{5}{5-1} \right) \left(1 - \frac{1,11+1,09+1,76+1,80+1,53}{30,53} \right)$$

$$\alpha = \left(\frac{5}{4} \right) \left(1 - \frac{7,28}{30,53} \right) = 0,952$$

Para este questionário, obteve-se um coeficiente $\alpha = 0,952$ o qual se refere a um instrumento com alta consistência interna. Quanto a análise concernente aos corolários da TCP, os depoentes apresentaram pontuações médias conforme a tabela 28.

Tabela 28 – Médias individuais para análise à luz dos corolários da TCP – (Des)confirmação

ALUNO	MÉDIA
A1	3,40
A2	3,00
A3	2,25
A4	3,60
A5	4,80
A6	4,60
A7	4,75
A8	4,25
A9	3,67
A10	3,20
A11	4,20
A12	3,60
A13	3,75
A14	3,00
A15	2,50
A16	3,00
A17	3,25
A18	3,00
A19	4,60
A20	2,80
A21	4,20
VALOR MÉDIO DE RESPOSTAS	3,59

Legenda A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ... , 21}. Fonte: Produção própria (2017)

Ao considerar a média 3,59, verificou-se a tendência de construtos $E_1C_1D_1O_{0,59}I_0$, ou seja, apresentando experiência, construção, dicotomização e possibilidades parciais de organização.

Ao determinar, para a etapa da (Des)confirmação, que o corolário da organização incorporaria os da eleição e modulação, entendeu-se que $O_{0,59} = Es_{0,33}M_{0,26}O'_{0,00}$ significa que 78,79% dos construtos verificados para essa etapa eram dicotomizados, eleitos e modulados.

O restante, apesar da contemplação do corolário da eleição não atendeu às demandas e não aderiu ao conceito central.

Dessa forma, o próprio corolário da organização não foi contemplado, indicando que naquele momento, apesar da escolha e dos construtos fazerem sentido ao sistema de construtos do sujeito, eles não foram organizados e sim encontravam-se difusos, não hierarquizados e sem estabelecer relações com outros conteúdos do mesmo sistema. Consequentemente, não impactaram na ecologia conceitual dos depoentes. Fato intimamente ligado à nulidade dos corolários da Organização e Individualidade.

Prosseguindo a investigação sobre concepções alternativas dos professores em formação quanto aos critérios de inteligibilidade e plausibilidade dos MMC, empreendeu-se uma análise sobre o instrumento através do qual os alunos confirmam ou refutam suas concepções alternativas referentes a o questionário da (Des)confirmação. A tabela 29 apresenta a tabulação das respostas dos licenciandos.

Tabela 29 – Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω e perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – (Des)confirmação

CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS (DES)CONFIRMAÇÃO						
ALUNO	A	B		γ		Ω
	I ₁	I ₁ P ₁	I ₂	I ₁ P ₂	I ₂ P ₁	I ₂ P ₂
A1	0	2	1	0	2	0
A2	1	0	2	1	0	0
A3	3	0	0	0	0	1
A4	1	0	2	0	1	1
A5	0	0	0	0	2	3
A6	0	0	0	0	1	4
A7	0	0	0	0	1	3
A8	0	0	1	0	1	2
A9	0	0	1	0	1	1
A10	2	1	0	0	1	1
A11	0	1	0	0	0	4
A12	1	0	1	0	1	2
A13	2	0	0	0	0	2
A14	0	0	1	0	1	0

Continua

CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS (DES)CONFIRMAÇÃO						
ALUNO	A	B		γ		Ω
	I_1	I_1P_1	I_2	I_1P_2	I_2P_1	I_2P_2
A15	2	1	0	0	1	0
A16	0	2	0	0	1	0
A17	1	0	0	0	3	0
A18	0	0	0	0	2	0
A19	0	1	0	0	0	4
A20	1	0	1	0	3	0
A21	0	0	0	0	3	2
TOTAL	14	8	10	1	25	30
TOTAL	14	18		26		30

Legenda A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ... , 21}. Fonte: Produção Própria (2017)

Gráfico 13 - Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω - (Des)confirmação



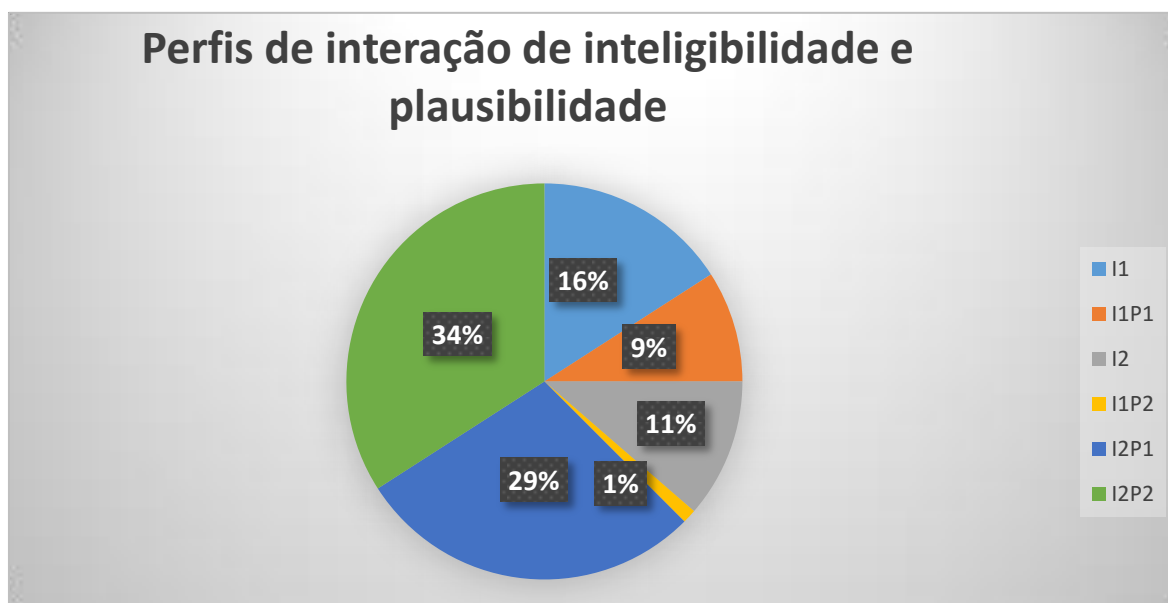
Fonte: Produção Própria (2017).

Enquanto que, no Experimento, o perfil médio ainda se localizava em γ , na (Des)confirmação as assertivas encontravam-se sutilmente inclinadas à respostas inteligíveis e plausíveis. Aquelas classificadas com inteligibilidade máxima (I_2P_1 e I_2P_2) foram cinquenta e cinco(55), enquanto com inteligibilidade mínima (I_1P_2) apenas uma (1) pontuou. Em relação à plausibilidade, os estereótipos γ e Ω possuem trinta e uma (31) respostas de plausibilidade máxima (I_1P_2 e I_2P_2) e vinte e cinco(25) de plausibilidade mínima (I_2P_1). Portanto, o perfil de

respostas para esses instrumentos foi I₂P₂ que corresponde a inteligibilidade e plausibilidade máximas.

Quanto aos perfis de interação entre os critérios de inteligibilidade e plausibilidade é observado no gráfico 14.

Gráfico 14 – Perfis de Interação entre os critérios de Inteligibilidade e Plausibilidade – (Des)confirmação



Fonte: Produção própria (2017)

O perfil que mais pontuou foi aquele cuja inteligibilidade e plausibilidade são máximas, traduzindo concepções alternativas coerentes às ecologias conceituais dos sujeitos, relacionadas aos 78% de construtos modulados. Além de serem respostas inseridas em contextos com exemplos e justificativas, tornado-as plausíveis.

A tabela 30 apresenta os perfis individuais e médio do grupo investigado.

Tabela 30 – Notas dos alunos quanto aos Estereótipos Conceituais e Perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – (Des)confirmação

ALUNO	PERFIL
A1	6,00
A2	4,00
A3	3,50
A4	6,00
A5	9,00

Continua

ALUNO	PERFIL
A6	9,50
A7	7,50
A8	6,50
A9	4,50
A10	5,50
A11	9,00
A12	7,00
A13	5,00
A14	2,50
A15	3,50
A16	3,50
A17	5,00
A18	3,00
A19	9,00
A20	6,00
A21	8,50
MÉDIA	5,90
Desvio padrão	2,21

Legenda A_n = Aluno n { $n=1,2,3,4, \dots, 21$ }. Fonte: Produção Própria (2017)

Embora o perfil médio ($5,90 \pm 2,21$) apresente uma média com alta dispersão e esteja localizado no estereótipo γ , foi possível admitir que as respostas fornecidas pelos depoentes eram inteligíveis em virtude do somatório de 55 questões assim classificadas. Foi, portanto, na plausibilidade que residuiu a dúvida de qual nível ela pertenceria, se ao máximo ou ao mínimo.

Para as duas primeiras observações, em relação a esses critérios, entendeu-se que as respostas eram plausíveis (P_2). Mediante o perfil médio, depreendeu-se sua inclinação para respostas com plausibilidade mínima. Apesar da pequena diferença entre I_2P_1 e I_2P_2 , de apenas 4 respostas, compreendeu-se que o perfil responsivo dos estudantes para o instrumento da (Des)confirmação era de respostas inteligíveis e pouco plausíveis, observando que nessa etapa os corolários da organização e individualidade para o perfil médio do grupo de investigados não foram atendidos.

Assim, a tipologia de construtos verificada na etapa da (Des)confirmação ($E_1C_1D_1O_{0,59}I_0$) relaciona-se com o perfil I_2P_1 . Enquanto os corolários da experiência, construção, dicotomia, eleição e 78,78% de modulação estão ligados a inteligibilidade máxima (I_2). A nulidade dos corolários da organização e individualidade, por sua vez, tem relação com P_1 , visto que tais construtos não fazem parte da ecologia conceitual dos indivíduos por não estabelecerem contato com seus pares e/ou outros sistemas de construtos.

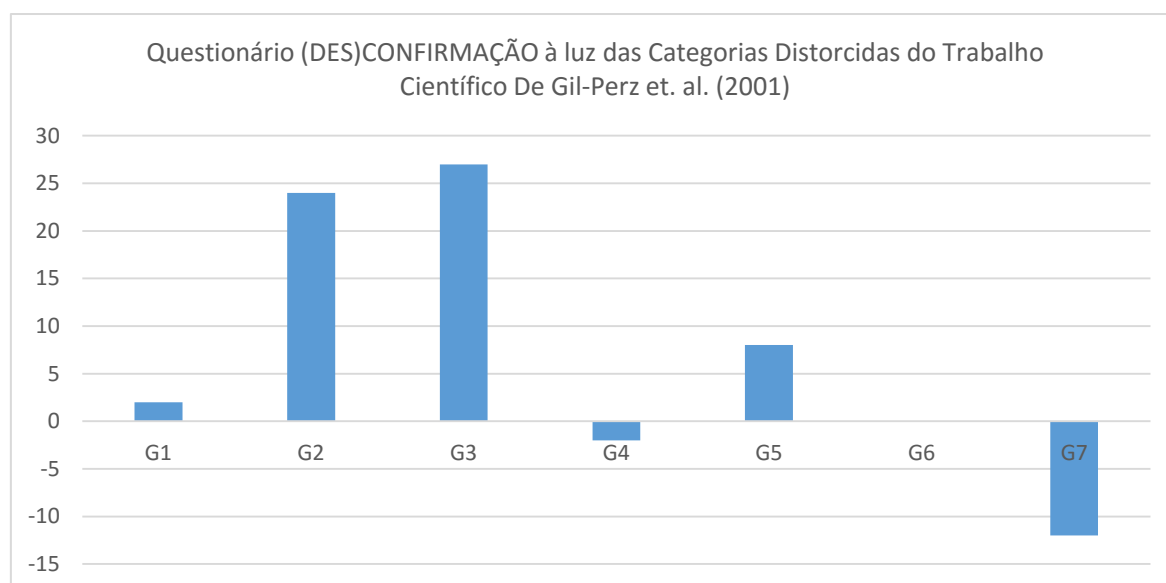
Outrossim, a tabela 31 apresenta a ocorrência das categorias “visões distorcidas do trabalho científico” para o questionário da (Des)confirmação.

Tabela 31 – (Des)confirmação à luz das categorias visões distorcidas do trabalho científico.

Questionário (DES)CONFIRMAÇÃO à luz das Categorias Distorcidas Do Trabalho Científico De Gil Perez et al., (2001)							
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
Q1	0	0	10	0	0	0	0
Q2	0	0	11	0	0	0	0
Q3	-1	9	-2	-1	2	-3	-1
Q4	1	7	5	2	1	4	-4
Q5	2	8	3	-3	5	-1	-7
ACUMULADO	2	24	27	-2	8	0	-12

Fonte: Produção própria (2017).

Gráfico 15 – Acumulado de visões distorcidas do trabalho científico – (Des)confirmação



Fonte: Produção Própria (2017)

Do gráfico 15 apreende-se que as distorções mais acentuadas foram para G2(24) e G3(27) que correspondem a visões ligadas à crença de uma ciência algorítmica, exata, infalível, a-problemática e a-histórica, seguida de G5(8) que implica em visões cujo conhecimento científico dá-se de modo cumulativo e linear. Este é o perfil de visões sobre NdC que os professores investigados tendem a levar para a sala de aula, contribuindo, assim, para um ciclo vicioso, haja vista a reprodução dessa ideia seja através do discurso ou da prática docente desconsiderar metodologias questionadoras em que os alunos protagonizam os processos de ensino-aprendizagem.

Em compensação, G7 para esse questionário apresentou-se não distorcida. Tendo oscilado entre distorcida e não distorcida ou até mesmo margeado o zero, esse posicionamento implicou, neste momento, em concepções alternativas que tratam a Ciência como não neutra socialmente e que a mesma estabelece importantes relações com a sociedade e com a tecnologia.

5.6 Questionário Revisão Construtiva

No último instrumento dessa etapa recorreu-se a uma escala de cinco níveis e para tanto aos corolários da experiência, construção, organização, individualidade e sociabilidade. Tal sistematização apresenta-se na tabela 32:

Tabela 32 – Validação das Respostas do Questionário Revisão Construtiva (alfa de Cronbach)

ALUNO	QUESTÕES						SOMA
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	
A1	4	5	3	5	3	3	23
A2	3	1	NC	3	NC	2	9
A3	3	2	2	2	NC	NC	9
A4	3	3	NR	3	2	1	12
A5	5	NC	4	NC	4	3	16
A6	4	3	NC	3	NC	1	11
A7	2	2	NR	2	NR	3	9
A8	4	3	4	5	3	3	22
A9	3	3	NR	2	NR	NR	8

ALUNO	QUESTÕES						SOMA
	Q1	Q2	Q3	Q4	Q5	Q6	
A10	2	3	4	3	2	NR	14
A11	3	5	NC	3	5	5	21
A12	NR	NC	NC	2	2	2	6
A13	2	2	4	2	NC	NC	10
A14	2	NC	2	1	NC	NC	5
A15	4	5	2	3	NR	2	16
A16	3	3	1	2	NR	NR	9
A17	5	2	3	2	2	4	18
A18	2	1	2	2	NC	NC	7
A19	4	5	1	5	3	1	19
A20	1	1	NC	3	NC	2	7
A21	2	4	3	1	3	2	15
VAR	1,21	1,94	1,23	1,38	0,99	1,64	

NC: respostas não compreendidas; NR: questões não respondidas; I: Respostas Insatisfatórias; A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ..., 21}; Q_n = Questão n {n=1,2, ..., 10}. Fonte: Produção própria (2017).

Seja o alfa de Cronbach para o questionário da Revisão Construtiva.

$$\alpha = \left(\frac{6}{6-1} \right) \left(1 - \frac{1,21+1,94+1,23+1,38+0,99+1,64}{30,73} \right)$$

$$\alpha = \left(\frac{6}{5} \right) \left(1 - \frac{8,38}{30,73} \right) = 0,873$$

Tem-se, portanto, um questionário validado apresentando consistência interna elevada, por meio do coeficiente $\alpha = 0,873$. Quanto a análise à luz dos corolários da TCP, apresentam-se as seguintes médias por depoentes, expressas na tabela 33.

Tabela 33 – Médias individuais para análise à luz dos corolários da TCP – Revisão Construtiva

ALUNO	MÉDIA
A1	3,83
A2	2,25
A3	2,25
A4	2,40
A5	4,00
A6	2,75
A7	2,25
A8	3,67
A9	2,67
A10	2,80
A11	4,20
A12	2,00
A13	2,50
A14	1,67
A15	3,20
A16	1,80
A17	3,00
A18	1,75
A19	3,17
A20	1,75
A21	2,50
VALOR MÉDIO DE RESPOSTAS	2,69

Legenda A_n = Aluno n { $n=1,2,3,4, \dots, 21$ }. Fonte: Produção Própria (2017)

Detalhando o valor médio de respostas (2,69) tem-se a seguinte tipologia de construto $E_1C_1O_{0,69}I_0Co_0$, isto é, os corolários da experiência e da construção foram contemplados, enquanto o da organização foi parcialmente e os da individualidade e comunidade não foram considerados. Para o questionário da Revisão Construtiva, o corolário da organização incorporou os corolários da dicotomia, eleição e modulação. Assim, $O_{0,69} = D_{0,25}Es_{0,25}M_{0,19}O'_{0,00}$ significa que os corolários da dicotomia e escolha foram atendidos,

sendo que apenas 76% dos construtos foram modulados, ou seja, “incorporados” ao conceito central.

A nulidade do corolário da organização indicou que os construtos elaborados ainda não conseguiram relacionar-se com outros construtos ou sistemas de construtos de modo hierarquizado. A nulidade dos corolários da individualidade e comunidade são reflexos do não atendimento ao corolário da organização.

Vale dizer que, nesta etapa os alunos revisitaram o questionário da Antecipação, estabelecendo um paralelo com suas concepções primeiras. A tabela 34 apresenta como estão organizadas as respostas dos estudantes sobre o questionário.

Tabela 34 – Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω e perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – Revisão Construtiva

CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS REVISÃO CONSTRUTIVA						
ALUNO	A	B		Γ		Ω
	I ₁	I ₁ P ₁	I ₂	I ₁ P ₂	I ₂ P ₁	I ₂ P ₂
A1	0	2	0	1	1	2
A2	2	2	0	0	0	0
A3	3	1	0	0	0	0
A4	1	0	2	0	2	0
A5	0	1	0	1	0	2
A6	1	1	0	0	2	0
A7	3	0	0	0	1	0
A8	0	2	1	1	0	2
A9	1	0	1	0	1	0
A10	1	1	1	2	0	0
A11	0	1	0	0	1	3
A12	2	1	0	0	0	0
A13	3	0	0	1	0	0
A14	3	0	0	0	0	0
A15	1	1	0	0	2	1
A16	2	2	0	0	0	0
A17	1	2	0	0	2	1
A18	4	0	0	0	0	0

Continua

CLASSIFICAÇÃO DAS RESPOSTAS REVISÃO CONSTRUTIVA						
ALUNO	A	B		Γ		Ω
	I_1	I_1P_1	I_2	I_1P_2	I_2P_1	I_2P_2
A19	2	0	0	0	2	2
A20	4	0	0	0	1	0
A21	1	2	0	1	1	1
TOTAL	35	19	5	7	16	14
TOTAL	35	24		23		14

Legenda A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ..., 21}. Fonte: Produção Própria (2017).

Gráfico 16 - Estereótipos conceituais α , β , γ , Ω - Revisão Construtiva

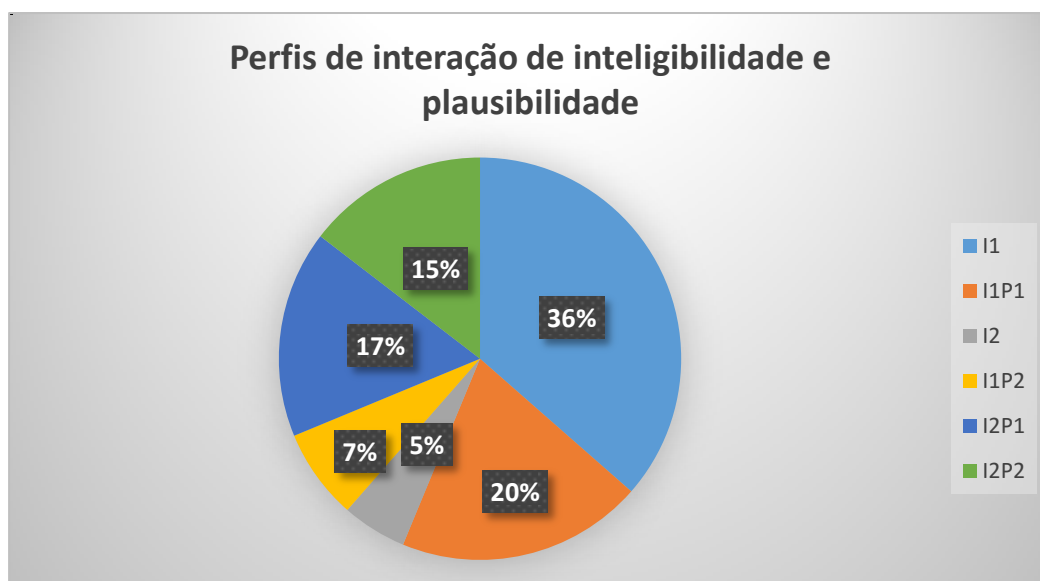


Fonte: Produção Própria (2017)

Conforme constatou-se a partir da tabela 34 e do gráfico 16, três estereótipos se destacaram, os quais foram: α , β e γ , com ênfase para α cujo perfil abrigado é o de respostas pouco inteligíveis (I_1). Os referidos estereótipos, em destaque, contam com três perfis de inteligibilidade mínima (I_1 , I_1P_1 e I_1P_2) que somam 61 respostas, e dois perfis de inteligibilidade máxima (I_2 e I_2P_1) com 21 respostas. Em relação a plausibilidade, os estereótipos α , β e γ possuem dois de plausibilidade mínima (I_1P_1 e I_2P_1) totalizando 35 respostas, e apenas um (1) de plausibilidade máxima (I_1P_2) com sete assertivas. Logo, o perfil de respostas apresentaram-se pouco inteligíveis e pouco plausíveis (I_1P_1).

Pela perspectiva dos perfis conceituais, têm-se o gráfico 17:

**Gráfico 17 – Perfis de Interação entre os critérios de Inteligibilidade e Plausibilidade –
Revisão Construtiva**



Fonte: Produção Própria (2017).

Para essa análise o perfil de destaque foi aquele cujas respostas apresentaram inteligibilidade mínima. Assim como na Antecipação, mais uma vez o perfil de respostas incorreu dessa forma. O questionário de encerramento do CEK ter obtido um perfil semelhante ao inicial, seja para mais ou para menos, pode implicar na improcedência procedimental da sequência didática. Contudo, esse veredito não pode ser concluído sem que se transcorram as demais análises.

Por via dos perfis médios estabeleceu-se o perfil dos depoentes para o instrumento da Revisão Construtiva conforme a tabela 35.

Tabela 35 – Notas dos alunos quanto aos Estereótipos Cocneituais e Perfis de Interação entre Inteligibilidade e Plausibilidade – Revisão Construtiva

ALUNO	PERFIL
A1	7,50
A2	2,50
A3	2,08
A4	4,58
A5	5,42
A6	3,75

Continua

ALUNO	PERFIL
A7	2,50
A8	7,08
A9	2,50
A10	4,58
A11	7,08
A12	1,67
A13	2,50
A14	1,25
A15	5,42
A16	2,50
A17	6,25
A18	1,67
A19	6,67
A20	2,92
A21	6,25
MÉDIA	4,13
Desvio padrão	2,09

Legenda A_n = Aluno n {n=1,2,3,4, ... , 21}. Fonte: Produção Própria (2017)

O perfil médio de $4,13 \pm 2,09$ está situado no estereótipo β e pode variar entre α e γ . Apesar da alta dispersão, conclui-se que o perfil de inteligibilidade e plausibilidade para essa etapa do CEK foram de respostas pouco inteligíveis e pouco plausíveis.

Essa inteligibilidade mínima (I_1) relaciona-se ao processo de construção inconcluso experiência $\rightarrow$ construção $\rightarrow$ dicotomia $\rightarrow$ escolha $\rightarrow$ modulação $\rightarrow$ não organização, isto é, os construtos elaborados foram incorporados ao conceito central do que eles já possuíam enquanto construtos sistematizados. Em outra perspectiva, a plausibilidade mínima (P_1) relaciona-se a 24% de construtos não modulados e aos nulos corolários da organização, individualidade e comunidade.

Os depoentes, principalmente, nas etapas regidas pelos corolários da eleição e da modulação, mostraram duas possibilidades: a) construtos dicotomizados e não eleitos (Experimento) ocasionadores de paralelismo conceitual, e b) construtos dicotomizados,

eleitos, modulados e não organizados ((Des)confirmação e Revisão Construtiva), refletindo a ínfima ou nula relação dos construtos elaborados no sistema de construtos do sujeito.

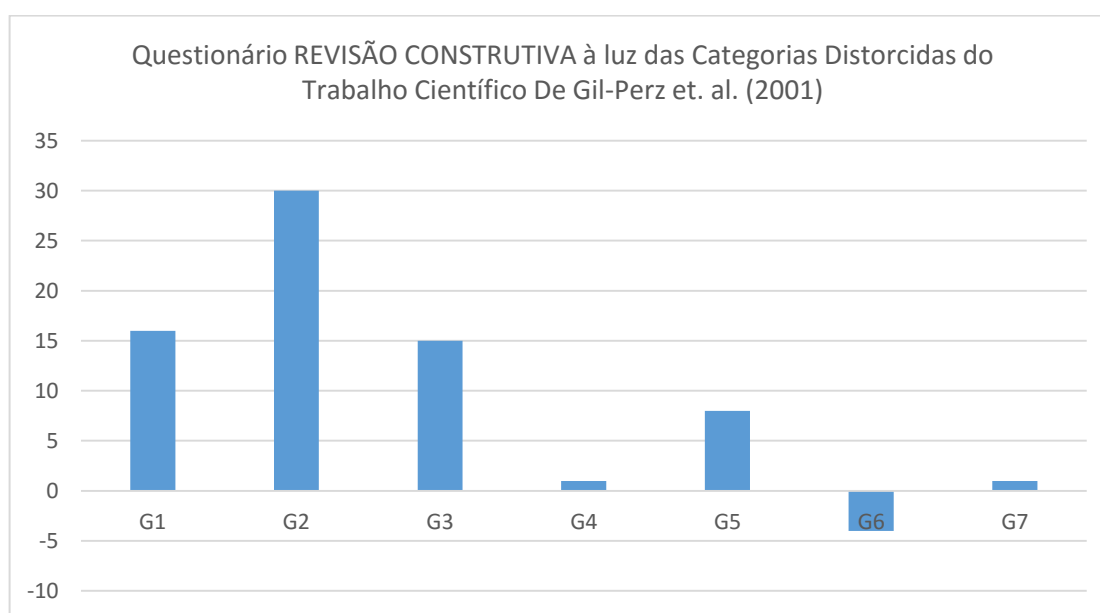
A referida etapa explicitou concepções alternativas sobre NdC resistentes a mudanças. De acordo com a tabela 36 e gráfico 18 tem-se:

Tabela 36 – Revisão Construtiva à luz das categorias visões distorcidas do trabalho científico

Questionário REVISÃO CONSTRUTIVA à luz das Categorias Distorcidas Do Trabalho Científico De Gil Perez <i>et al.</i> , (2001)							
	G1	G2	G3	G4	G5	G6	G7
Q1	2	3	-1	-3	4	-2	0
Q2	-2	1	6	-1	1	0	0
Q3	4	0	0	0	0	0	0
Q4	10	20	8	3	2	-4	0
Q5	2	4	1	1	0	2	0
Q6	0	2	1	1	1	0	1
ACUMULADO	16	30	15	1	8	-4	1

Fonte: Produção Própria (2017).

Gráfico 18 – Acumulado de visões distorcidas do trabalho científico – Revisão Construtiva



Fonte: Produção Própria (2017)

Nesta etapa observou-se a visão reconstruída do indivíduo ao final de uma sequência didática que tratou de Óptica e indiretamente verificou suas concepções alternativas sobre NdC. Conforme o gráfico 18, o grupo investigado apresentou inadequação expressiva para quatro categorias (G1, G2, G3 e G5), corroborando o perfil estabelecido na etapa da Revisão construtiva. Sendo utilizado praticamente o mesmo questionário na Antecipação e na Revisão Construtiva, os resultados apresentaram-se díspares com forte tendência às visões distorcidas do trabalho científico.

5.7 Síntese

Em relação à validação dos questionários a partir da mensuração de sua consistência interna via coeficiente alfa de Cronbach têm-se o seguinte resumo.

Tabela 37 – Síntese dos resultados das validações dos Questionários

Instrumentos	Coeficiente alfa de Cronbach	Situação
Questionário VNOS-C	0,843	Válido
Questionário Antecipação	0,816	Válido
Questionário Investimento	0,714	Válido
Questionário Experimento	0,221	Inválido
Questionário (Des)confirmação	0,952	Válido
Questionário Revisão Construtiva	0,873	Válido
Questionários do CEK (unificação)	0,895	Válido
Questionários do Primeiro e Segundo Momento da Pesquisa (unificação)	0,921	Válido

Fonte: Produção Própria (2017).

Em suma, os instrumentos VNOS-C, Antecipação, Investimento, (Des)confirmação e Revisão construtiva foram validados. Todavia, a validação do questionário do Experimento tornou-se inviável, devido às dificuldades apresentadas. Ao considerar cinco questionários do CEK, como um único corpo de questões, tem-se para essa unificação uma validação, com ou sem a exclusão do segundo item do questionário do Experimento.

À luz dos corolários da TCP, observa-se o resumo no quadro 4.

Quadro 4 – Síntese dos resultados das análises à luz dos corolários da TCP

	<i>Questionários</i>	<i>Análise Quantitativa</i>	<i>Análise Qualitativa</i>
<i>Primeiro Momento</i>	VNOS-C	3,18	E_3 – construtos com Experiência Intermediária
<i>Segundo Momento</i>	ANTECIPAÇÃO	3,23	E_3 – construtos com Experiência Intermediária
	INVESTIMENTO	3,24	E_1C_2 – construtos com Experiência Mínima e Construção Intermediária.
	EXPERIMENTO	2,86	$E_1C_1D_{0,86}Es_0M_0$ - 14% de construtos com Experiência e Construção + 86% de construtos com Experiência, Construção e dicotomizados.
	(DES)CONFIRMAÇÃO	3,59	$E_1C_1D_1O(Es_{0,33}M_{0,26}O'_{0,00})_{0,59}I_0$ - 21,21% de construtos com Experiência e Construção, dicotomizados, eleitos e não modulados + 78,79% de construtos com Experiência e Construção, dicotomizados, eleitos, modulados e não organizados.
	REVISÃO CONSTRUTIVA	2,69	$E_1C_1O(D_{0,25}Es_{0,25}M_{0,19}O'_{0,00})_{0,69}I_0Co_0$ – 24% de construtos com Experiência e Construção, dicotomizados, eleitos e não modulados +76% de construtos com Experiência e Construção, dicotomizados, eleitos, modulados e não organizados.

Fonte: Produção Própria (2017).

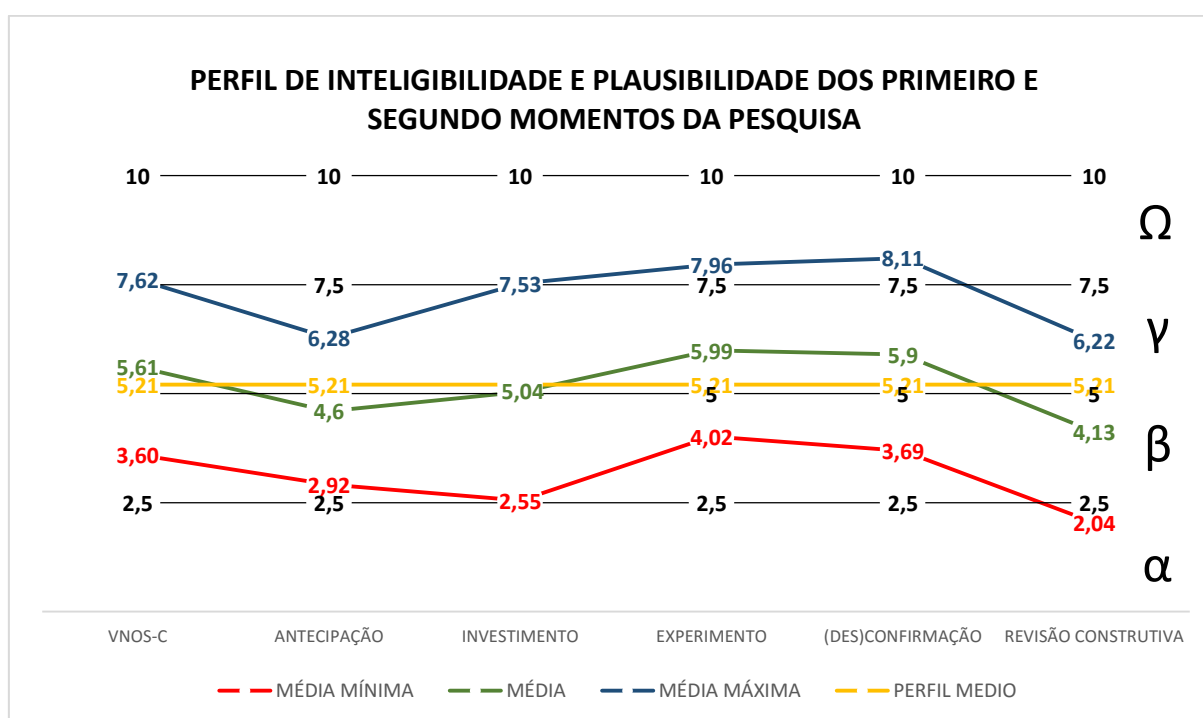
A natureza das etapas da Antecipação e Revisão Construtiva são distintas, assim como suas pontuações “h” para análise à luz dos corolários da TCP. Ambas empregam praticamente o mesmo questionário como instrumento de coleta de dados, o que torna possível uma análise comparativa. Qualitativamente, embora tenha recebido menor pontuação, a etapa da Revisão Construtiva contemplou mais corolários do que a da Antecipação.

Ampla maioria dos construtos elaborados na Revisão Construtiva são modulados e desprovidos de organização. Esta configuração situa tais construtos na ecologia conceitual do depoente, mas não garante que esses se correlacionem com seus pares. Em contrapartida, os construtos com experiência intermediária apresentados na Antecipação, possuem construtos-base dotados de relações internas e externas ao sistema de construtos.

Em termos funcionais, os indivíduos utilizam os mesmos construtos-base nas duas etapas. Isso é possível devido a não contemplação dos corolários da organização, individualidade e comunidade na etapa da Revisão Construtiva. Consequentemente, desses fatos, decorrem perfis similares em termos de suas inteligibilidade e plausibilidade para as duas fases.

Em outra perspectiva, o gráfico 19 demonstra o perfil médio de respostas dos seis questionários do primeiro e do segundo momento da pesquisa.

Gráfico 19 – Síntese dos resultados das análises acerca dos critérios de inteligibilidade e plausibilidade dos MMC



Fonte: Produção Própria (2017).

O perfil médio (5,21) encontra-se situado no estereótipo β que, por sua vez, abriga os perfis I_1P_2 e I_2P_1 . Como nos seis questionários, dentre os dois perfis, o que mais pontuou foi o I_2P_1 , conclui-se que nos dois momentos da pesquisa, os alunos tiveram concepções alternativas inteligíveis e pouco plausíveis. A deficitária plausibilidade exige dos sujeitos outras concepções ou pelo menos novas plausibilidades.

No entanto, a premência de que a plausibilidade esteja relacionada a uma inteligibilidade, impõe à aprendizagem um obstáculo. Uma vez que uma nova plausibilidade incorpora consigo uma nova inteligibilidade e, concomitantemente, sendo adequada a inteligibilidade anterior, surge um construto dicotômico entre essas duas.

Como o corolário da escolha está ligado ao da experiência, o indivíduo tende a eleger o polo cuja inteligibilidade está mais relacionada às suas vivências e ecologia conceitual. Ao mobilizar seus sistemas de construtos, o professor em formação acaba por optar pelo aspecto algorítmico da Física, ainda que seja tão somente inteligível e pouco plausível, visto que a abordagem da HFC é considerada um conteúdo a parte alheio ao cerne dessa Ciência.

Observando o gráfico 19, identifica-se uma redução sutil do perfil de interação entre inteligibilidade e plausibilidade dos questionários da Antecipação e da Revisão Construtiva. Precisamente, a diferença entre os perfis médios dessas etapas é de -0,47. Apesar de se manterem no estereótipo β , as respostas da Revisão são menos inteligíveis e plausíveis que as da Antecipação. Vale lembrar que os construtos são diferentes, pois, na Antecipação eles fazem parte, principalmente, das construções promovidas pela educação formal e estão intra-relacionados ao sistema de construtos, enquanto que na Revisão os mesmos fazem parte do sistema de construtos, mas, ainda não estabeleceram nexos entre seus pares. Este decréscimo indubitavelmente está ligado a este fato.

Entre as duas fases em análise existiu um crescimento de oito pontos percentuais em relação a inteligibilidade mínima e um decréscimo de nove pontos percentuais em plausibilidade, o que aumentou o número de respostas consideradas como pouco inteligíveis e diminuiu o número de respostas pouco plausíveis. Logo, o desnível de -0,47 está substancialmente ligado ao aumento de respostas pouco inteligíveis e a falta de nexos entre os construtos elaborados ao longo do CEK e não organizados, individualizados e sociabilizados nas fases da (Des)confirmação e da Revisão Construtiva. Contudo, é um decréscimo sutil, visto que mobiliza a mesma natureza de construtos referentes aos aspectos físicos, matemáticos, experimentais e histórico-filosóficos da Óptica.

Por outro lado, ao comparar o perfil de respostas antes e depois da implementação da sequência didática estruturada pelo CEK, ou seja, ao observar os perfis de inteligibilidade e

plausibilidade dos questionários VNOS-C e Revisão Construtiva, esse decréscimo é de -1,48 mais acentuado, portanto, se comparado com a Antecipação. Este fato desloca as respostas dos estudantes do estereótipo γ para o estereótipo β . Por uma perspectiva simplista, entender-se-ia que a sequência didática de 30h/aula alocada na disciplina de História da Física, tratando sobre História da Óptica foi improcedente, haja vista que o nível de inteligibilidade das respostas decresceu e deixou o nível máximo para o mínimo.

Todavia, enquanto o VNOS-C mobiliza construtos relacionados a experiência do docente e, muitos destes são oriundos da educação não formal, na Revisão, suas concepções estão ligadas a organização desses construtos dentro de um sistema e são procedentes, em sua maioria, da educação formal do estudante. Assim é difícil estabelecer um paralelo entre a certeza do senso comum e a dúvida do conhecimento científico.

Mais uma vez houve uma redução nos percentuais de inteligibilidade. Conquanto, dentre outros aspectos, a função da sequência didática foi de desconstruir certezas, principalmente, quando se referia a construções equivocadas sobre NdC. Se esse índice foi reduzido, cabe averiguar ainda como se comportaram as visões distorcidas do trabalho científico. A tabela 38 sintetiza essa análise.

Tabela 38 – Síntese dos acumulados das análises à luz das categorias visões distorcidas do trabalho científico de Gil Perez *et al.*, (2001)

	VNOS-C	Antecipação	Investimento	Experimento	Confirmação ou Refutação	Revisão construtiva	Acumulado total
G1	-40	-34	-3	-8	2	16	-67
G2	74	21	-1	6	24	30	150
G3	6	4	3	12	27	15	67
G4	28	-4	2	0	-2	1	25
G5	35	10	0	0	8	8	61
G6	-1	1	0	0	0	-4	-4
G7	-10	-1	0	0	-12	1	-22

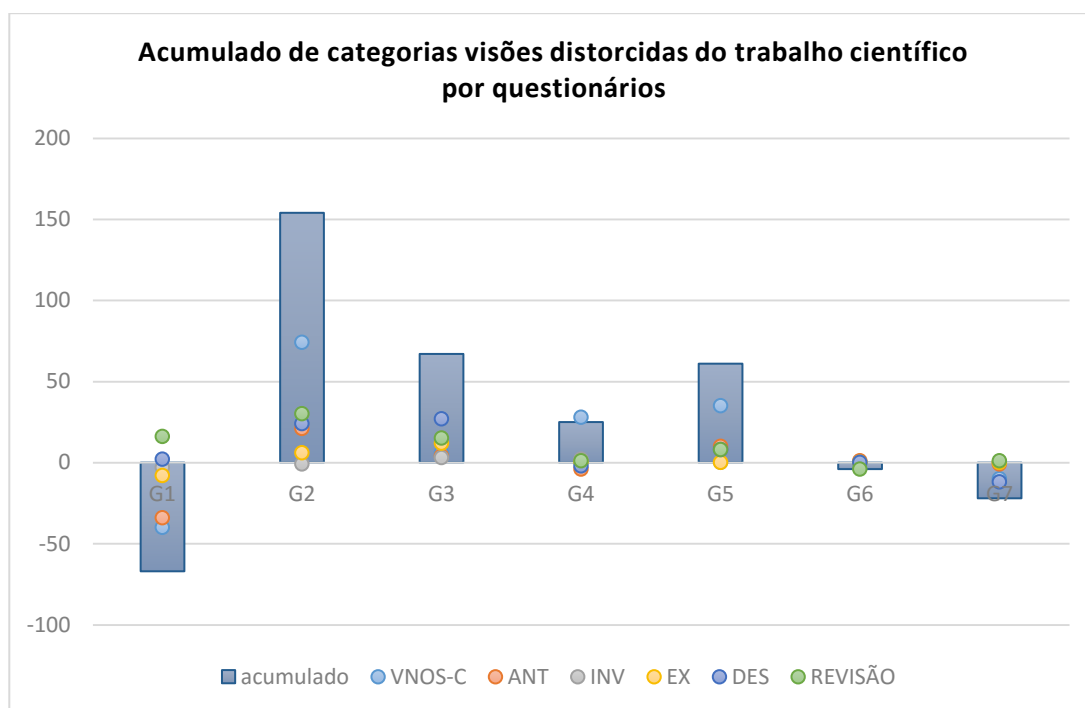
Fonte: Produção Própria (2017).

O percentual de 87% das respostas é composto pelas seguintes concepções sobre NdC: na forma adequada, G1 – visão empírico-indutivista e a-teórica da ciência (17%) e em suas formas distorcidas, G2 – visão rígida (38%), G3- visão a-problemática e a-histórica (17%) e

G5– visão de crescimento cumulativo e linear (15%). Enquanto que G4 (6%), G6 (1%) e G7(6%) tiveram poucas ocorrências.

Observe o gráfico 20:

Gráfico 20 - Acumulado de categorias visões distorcidas do trabalho científico por questionário



Fonte: Produção Própria (2017).

Após esta discussão sobre os dados suscitados pela pesquisa, pode-se afirmar que as concepções alternativas sobre NdC integradas aos sistemas de construtos dos sujeitos investigados, consideram a Ciência produto de um método científico infalível, exato e único, que não confia indiscriminadamente na observação, mas fundamenta-se em pressupostos teóricos, cujo resultado é transmitido de modo a-problemático e/ou a-histórico, omitindo reiteradas vezes essa dimensão epistemológica, seja pela prática docente seja pelas mídias. A falta dessa dimensão reflete na concepção de um desenvolvimento científico através do acúmulo de conhecimentos, em que uma nova teoria sempre supera suas antecessoras devido a simples ou drástica mudança que ela venha propor.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

6.1 Conclusão

Quanto aos objetivos específicos preestabelecidos conclui-se que estes foram atendidos. Em relação ao primeiro e ao terceiro, conseguiu-se identificar e classificar as principais concepções alternativas dos professores investigados sobre NdC, dada a conclusão que:

- Os professores exaltaram o papel de um método científico infalível e exato, que produz um conhecimento “provado cientificamente”, visto o cumprimento rigoroso do protocolo estabelecido pelo referido método (Visão rígida, algorítmica, infalível e exata da Ciência);
- Os docentes, reiteradas vezes, apresentaram conceitos, teorias ou leis, sejam eles referentes aos conteúdos de Física (Óptica) ou às concepções alternativas sobre NdC de modo direto, sem exemplificações ou contextualizações do problema de origem, quanto mais do processo de construção histórica, com ou sem equívocos historiográficos de tais concepções (Visão a-problemática e a-histórica da Ciência);
- Quando se tratou da construção histórica de determinados conceitos da Física, que também se relacionam com a filosofia dessa construção, especificamente com a sua epistemologia, os licenciandos acabaram simplificando este aspecto a uma concepção cumulativa da qual provém a ideia de que o conhecimento científico é resultado de um acúmulo de teorias que conseguiram solucionar problemas que suas precedentes não. Dessa forma, a Ciência lineariza-se tão somente o avanço científico, desconsiderando a dimensão que possibilita ao conhecimento científico, por exemplo, revisitar antigas teorias (Visão de crescimento cumulativo e linear da Ciência);
- Amenizando a ocorrência da visão rígida, os depoentes consideraram a importância de um corpo teórico que embasasse a empiria/observação. Nesses termos é interessante constatar que houve uma evolução no sentido de que a visão empírico-indutivista ou a-teórica, que foi a mais estudada e constatada em relatos científicos, nessa situação, aparecesse não distorcida. Embora confiem especialmente na observação e utilizem a indução como forma de

generalizar limitados resultados conseguidos através da repetição exaustiva de uma sequência prescritiva, denominada *grosso modo* de método científico, os professores são cientes de que essa observação não é neutra (Visão empírico-indutivista e a-teórica da Ciência);

Em relação ao segundo objetivo traçado por essa pesquisa, verificou-se:

- A tipologia de construtos ao longo do primeiro e do segundo momento da pesquisa apresentou avanços. Na etapa da Antecipação, bem como para o questionário VNOS-C, esta tipologia era de construtos com experiência intermediária (E_3), sendo que, ao final, na etapa da Revisão Construtiva, a tipologia constituiu-se de 76% de construtos com experiência, construção, dicotomizados, eleitos e modulados ($E_1C_1O(D_{0,25}Es_{0,25}M_{0,19}O'_{0,00})_{0,69}I_0Co_0$).

Ao longo da pesquisa, verificou-se a elaboração de alguns construtos referentes a NdC que, por sua vez, internalizaram-se ao sistema de construtos, mas não estabeleceram conexões com os demais construtos existentes. Em termos funcionais, para a resolução dos pré e pós-teste do CEK (Antecipação e Revisão Construtiva) utilizou-se o mesmo conjunto de concepções alternativas. Assim, a sequência didática empregada e elaborada sob orientação do Ciclo de Experiência de Kelly promoveu a elaboração de um construto modulado, sem que o mesmo fosse organizado, individualizado e sociabilizado. O fato de já fazer parte da ecologia conceitual do sujeito é um ganho considerável ao processo de aprendizagem do aluno. Kelly(1963) reitera que essa organização vai sendo corroborada ao passo que as relações se estabelecem e decorrem sucessivas réplicas de eventos que, por seu lado, referem-se às sucessivas experiências e construções que o indivíduo tem sobre algum assunto. Cabe lembrar que o número de experiências é importante para esse processo, quanto mais a qualidade dessas.

- O perfil de interação entre os critérios de inteligibilidade e plausibilidade de Posner et. al (1982) está situado no estereótipo conceitual γ , que compreende perfis entre 5,00 e 7,50 e lida com combinações parciais entre os dois critérios. A média 5,21 significa um perfil I_2P_1 .

Por conseguinte, as concepções ao apresentarem esse nível razoável de inteligibilidade e baixa plausibilidade, indicaram a incursão dos estudantes em processos de educação formal instrucional com alta carga conceitual e ínfima abordagem tácita. Conseguir resolver uma questão e não saber seus porquês ou em que contextos as empregam denota uma educação unilateral, onde foi oportunizado ao estudante apenas um aprofundamento teórico de conteúdos relacionados à Física ou a NdC. Outrossim, é importante frisar que o não

atendimento ao critério da plausibilidade gera uma insatisfação, da qual decorrem exigências de mudança conceitual.

Tanto pela análise à luz dos corolários da TCP, quanto pela análise dos critérios de inteligibilidade e plausibilidade dos MMC, verificaram-se construções inconclusas a respeito de temas voltados a NdC, seja pela dificuldade de organização dos construtos seja pelo parco índice de plausibilidade das respostas.

O fato é que os sujeitos precisam dar sentido ao conhecimento elaborado ao longo dessa sequência didática, saber contextualiza-lo, exemplificá-lo e situá-lo na interface de outros conhecimentos e saberes. Tal proceder é fundamental para a integração operacional desse construto na ecologia dos sujeitos investigados, sendo esta a via para a ruptura do ciclo de concepções alternativas equivocadas a respeito da NdC que engloba a educação básica e superior, bem como os entremeios da educação não formal.

Posto a contemplação dos três objetivos específicos é possível dizer que se analisou as concepções alternativas sobre NdC de professores de Física em formação ao longo de um CEK.

No que se refere às hipóteses de pesquisa, primeiramente, conclui-se que de modo geral, os professores possuem equívocos em relação às suas concepções sobre NdC, conquanto, tais concepções são inteligíveis (tem ciência do que afirmam) e são pouco plausíveis (não conseguem justificar, exemplificar e contextualizar as ideias suscitadas). A parca plausibilidade insere o sujeito em um ciclo regido pelo critério de Insatisfação dos MMC. A insatisfação conceitual leva o sujeito a três possibilidades:

- a) o reingresso nesse ciclo devido a não contemplação dos critérios de Inteligibilidade, Plausibilidade e Fertilidade (este último não tratado nesta pesquisa);
- b) a criação de um paralelismo conceitual. Caso o processo de aprendizagem enfoque apenas a sutil e complexa reelaboração das plausibilidades, este pode incorrer em um equívoco, uma vez que a plausibilidade está associada sempre a uma inteligibilidade. Estando a inteligibilidade atual em seu nível máximo, dificilmente o sujeito consegue abandonar a concepção de origem. O conflito gerado entre as duas inteligibilidades (a de nível máximo preexistente e a que acompanha a nova plausibilidade) promove, para a mesma plausibilidade, a coexistência de duas inteligibilidades. Caso estas sejam beligerantes, tem-se a possibilidade de o sujeito reingressar no ciclo;

c) mudança conceitual por assimilação. Caso as duas inteligibilidades sejam similares, é gerado um construto dicotômico cuja tendência de preterimento aponta para o polo responsivo da concepção precedente. De modo superficial é possível concluir que a mudança conceitual por assimilação corresponde à sutil diferença de crescimento positivo entre a antiga e a atual concepção, processo análogo a descrição da categoria visão de crescimento cumulativo e linear da Ciência. Contudo, a partir da perspectiva de Khun (1975) o desenvolvimento da Ciência e da aprendizagem ocorrem por revoluções, não podendo considerar apenas o sentido positivo de avanço da concepção do sujeito, pois esse pode orientar sua aprendizagem a outras infinitas possibilidades de direções.

Sendo assim, mediante análises, a primeira hipótese desse trabalho é reafirmada devido às três possibilidades de mudança conceitual apresentadas serem adversas e tornarem, desse modo, as concepções alternativas dos professores de física em formação construções resistentes a mudanças conceituais.

Ao se observar a sequência didática pela óptica da nulidade dos corolários da organização, individualidade e comunidade, interpreta-se que esta não foi eficaz quanto ao seu propósito de favorecer a construção de concepções alternativas adequadas sobre NdC. Por outra perspectiva, ao levar em conta a evolução da tipologia de construtos dessas concepções tem-se, no primeiro momento, o atendimento intermediário do corolário da experiência (3,75% da sequência didática), enquanto que na Revisão construtiva essa tipologia diz respeito a 76% de construtos com experiência e construção que foram dicotomizados, eleitos e modulados (47,5% da sequência didática). Considerando-se ainda que a percepção do atendimento do corolário da comunidade corresponderia a 100% da sequência didática, elevar esse percentual de 3,75% no VNOS-C e Antecipação para 47,5% na Revisão Construtiva é um ganho considerável. Logo, a exiguidade temporal do curso, bem como a diferença de abordagem quanto aos aspectos de ensino-aprendizagem são fatores limitantes à sequência didática empreendida.

Associado a essa análise, enfatiza-se que a perspectiva que utiliza a HFC enquanto estratégia didático-metodológica de ensino inquisidora e contextualizada aborda concepções alternativas por outros prismas, revelando novas questões e colocando em prova algumas certezas docentes. O aumento de respostas com inteligibilidade mínima entre a Antecipação e a Revisão Construtiva é o principal reflexo do uso da HFC na ecologia conceitual dos alunos, ou seja, a sequência didática conseguiu questionar e/ou dotar de incertezas as concepções equivocadas dos sujeitos. Por outro lado, a diminuição no número de respostas com

plausibilidade mínima entre as etapas supracitadas, revelou a incursão do processo de insatisfação conceitual do tipo b, abordado anteriormente. Ainda sobre a sequência didática, ela conseguiu revelar as principais concepções alternativas equivocadas ou não sobre NdC do grupo investigado.

Em suma, qualitativamente, para as três análises, a sequência didática contribuiu menos do que se esperava para a desconstrução de visões distorcidas do trabalho científico, pois necessitaria de mais tempo para alcançar o corolário da comunidade e de uma mudança no enfoque dado a plausibilidade em virtude das possibilidades da ocorrência de paralelismo conceitual. De forma geral, ela cumpriu seu objetivo que foi o de expor as concepções prévias. Dessa forma, essa sequência didática atende à demanda diagnóstica da pesquisa, mas é inconcluso o veredito sobre sua eficácia ao desconstruir visões distorcidas sobre NdC, seja pela tipologia de construtos elaborada ser inferior a 50% do objetivo da sequência seja pela tentativa de mudança conceitual via plausibilidade que incorreu no paralelismo conceitual.

Tendo a pesquisa alcançado seus objetivos e verificado que as concepções alternativas sobre NdC do grupo investigado eram resistentes e, ainda, que a sequência didática atendeu a função diagnóstica, embora tenha encontrado dificuldades quanto sua natureza de ensino-aprendizagem, estes pressupostos ajudaram a elucidar o problema central dessa pesquisa.

Por fim, as concepções alternativas sobre NdC pertenceram a uma complexa ecologia conceitual, cujos sistemas de construtos atribuíram nexos entre aspectos de educação formal e não formal, são histórica e sistematicamente elaboradas e resistentes a mudança. Essa pesquisa empreendida às vésperas da conclusão do curso da maioria dos participantes, indica que o espaço precípuo para discussão dessas questões, que é o contexto da formação inicial, não foi suficiente para realinhar visões distorcidas, em certos casos, até as reiterou. É pouco provável que a *práxis* docente, outro contexto importante para a discussão desses quesitos, sane ou amenize essas distorções. Por essa razão, é possível que o professor em exercício ou com alguma experiência docente, reproduza essas concepções deformadas, ainda que inconscientemente, no âmbito da sala de aula, realimentando um ciclo difícil de romper em que seus alunos pela simples reprodução sem reflexão, dissemine tais equívocos reiterados via senso comum.

6.2 Vivências

Esse recorte respondeu às sugestões da banca avaliadora deste trabalho no intuito de apresentar os percalços vivenciados pelos pesquisadores. Para esse expediente, por vezes, a

primeira pessoa dos autores emergirá em um discurso direto livre que esforçar-se-á para atender o protocolo desse empreendimento investigativo.

Os dois minicursos de aplicação da pesquisa forneceram, além de respostas verificáveis aos problema, objetivos e hipóteses, evidências que não encerram a discussão sobre a inserção da HFC no contexto da formação inicial de professores de Física. Quatro questões precisariam ainda de mais esforço teórico e investigativo que, por si, inaugurariam outras pesquisas. Sejam elas: a) Administração do tempo de aula; b) abordagem da dimensão histórico-filosófica no contexto da licenciatura em Física; c) componente curricular de História da Física situada no último semestre do curso; e d) vulnerabilidade do Questionário do Experimento.

Em relação ao tempo ou a administração da hora-atividade, percebeu-se a exiguidade dessa dimensão, principalmente, quando se intentou verificar uma mudança conceitual por acomodação quem dirá por assimilação. Para as 30 horas/aula em que se distribuiu o minicurso de História da Óptica, sentiu-se a necessidade de uma ampliação para as aulas da etapa do Investimento do CEK. A incursão nessa etapa, por si, não garante uma mudança conceitual efetiva, mas possibilita sucessivas réplicas de eventos que podem deflagrar o critério da insatisfação conceitual que, por sua vez, mediante orientação docente poderá ser potencializado.

Outra questão relativa ao tempo diz respeito ao horário noturno em que as disciplinas foram ministradas. Cursos dessa natureza, ainda mais próximos à conclusão, dependem dos graduandos que, por vias de estágio ou carência profissional, são absorvidos pelo mundo do trabalho levando-os a uma dupla jornada trabalho/estudo que impacta em seu rendimento acadêmico. A turma de 2015.1, por sua vez, contava, em sua maioria, com professores em exercício. O agravante não estava apenas no turno em que as aulas aconteceram, mas no fato de serem destinados os últimos horários a estas disciplinas. A saber, dois terços da componente curricular História da Física (90h) ocorriam nesses últimos tempos, fato que favoreceu a displicência e até mesmo a ausência de alguns alunos. Diante do exposto, poder-se-ia dissociar o minicurso da disciplina, ofertando-o como um curso de extensão, o que possibilitaria sua realização em horários oportunos aos discentes e/ou em outros momentos que não somente no último semestre do curso.

Associado a essas questões tem-se a abordagem da História e Filosofia da Ciência como conteúdo e como metodologia. Em alguns momentos do minicurso, ao se trabalhar textos e fatos históricos percebeu-se considerável displicência e julgo pelos professores em formação, demonstrando resistência à metodologias não habituais em Física e uma

perspectiva limitada de como se deve ensinar/aprender esta ciência. Seguros, pareceram estar, de que procedimentos matemáticos complexos e demonstrações expositivo-verbais de pontuais assuntos da disciplina são “fórmulas” suficientes para o ensino da Física.

A constituição subjetiva dos questionários evidenciou a dificuldade dos licenciandos em apresentar/organizar suas ideias acerca de fenômenos físicos e questões histórico-filosóficas sobre Ciências em Língua Portuguesa, incorrendo, muitas vezes, em erros crassos de conteúdo, coesão, coerência e até ortografia. A apreensão da Linguagem Matemática e seus códigos é imprescindível a cursos de natureza científica e, em muitos casos, acaba assumindo a tônica destes, sendo até mesmo determinante para a permanência do graduando no curso. No entanto, o ensino/aprendizagem de Física não se limita a esse conjunto de códigos. Considerando-se que cabe ao professor estimular e educar seu alunado pelo exemplo, espera-se que este explore suas possibilidades em compreender/descrever fenômenos científicos a partir das mais variadas formas de expressão. Especificamente, em relação a História e Filosofia da Física, há que se considerar a existência do fator novidade do conteúdo em si e na forma como este foi abordado. Logo, é aceitável que para alguns participantes faltem recursos verbais, esquemáticos e até cognitivos para a resolução de determinadas questões suscitadas pelos questionários.

Diante do exposto, propõem-se que:

- O minicurso possa ser transformado em um curso de Extensão desvinculado da disciplina de História da Física;
- O curso seja ofertado pela coordenação da licenciatura em Física, como forma de fomentar o ensino, a pesquisa e a extensão da História e Filosofia da Ciência em mais de um momento ao longo curso. Isto porque existem embargos burocráticos que dificultam mudanças na matriz curricular e, conseqüentemente, a mobilidade da disciplina para outro semestre em virtude de essa ser unificada para os sete cursos de licenciatura de Física do IFCE e necessitar da autorização dos sete colegiados para sua alteração;
- A carga horária do minicurso deva ser ampliada, principalmente, na etapa do Investimento;
- Seja criada a disciplina de Filosofia da Ciência como componente eletiva;
- Sejam reelaborados os questionários, para que os mesmos possam atender as demandas formativas docentes, possibilitando que as respostas sejam fornecidas através da Língua Portuguesa, códigos matemáticos, desenhos,

esquemas, mapas conceituais, pluralizando, assim, as várias perspectivas do público-alvo do minicurso.

Das questões apresentadas anteriormente, a vulnerabilidade do questionário do Experimento do CEK é um ponto delicado, cujas interpretações ainda carecem de muita perícia para serem conclusivas. Por não ser validado pelo alfa de Cronbach, com ou sem o segundo item, o referido questionário suscitou algumas dúvidas, tais sejam: a) existem problemas técnicos de elaboração?; b) a perspectiva pelo qual se elaborou o questionário segue uma lógica diferente dos demais? c) as respostas suscitadas foram devidamente analisadas?

Dos questionamentos levantados, sugere-se que existam equívocos tanto na elaboração, quanto nos objetivos do roteiro de prática de laboratório. Pelo fato de ter sido uma adaptação, o questionário do Experimento não tinha grandes pretensões elucidativas acerca das concepções alternativas discentes. Sua função foi destinar-se à coleta e análises de dados. Logo as respostas que se intentavam não viriam de forma direta. Todavia, há de se considerar que o procedimento de coleta e análise de dados laboratoriais diz muito das concepções alternativas dos discentes acerca da NdC e refletem o contrato didático dos professores/elaboradores das práticas laboratoriais. Logo, conclui-se que a elaboração do questionário dessa etapa deva ser mais objetiva e explorar de forma mais enfática os aspectos histórico-filosóficos dos experimentos.

Em outra perspectiva, é preciso que o experimento seja o espaço-tempo em que as concepções prévias da Antecipação entrem em confluência com as concepções construídas no processo do Investimento e sejam testadas. Portanto, outras formas para esse encontro conceptual devem ser adotadas, seja mediante experiências, modelagem computacional, jogos, juris-simulados, enfim, outras estratégias didáticas que abranjam as particularidades dos integrantes do processo de investigação. Em suma, é necessário expandir o tempo de teste do Experimento e diversificar seu emprego. Assim, o fluxograma da pesquisa poderia organizar-se da seguinte maneira:

Fluxograma 2 – Sugestão de fluxograma para pesquisas futuras



Fonte: Elaboração própria (2017).

Em face de tudo que foi exposto, os pesquisadores avaliaram que :

- a) A inserção da História e Filosofia da Ciência enquanto estratégia de ensino “embarreira-se”, sobretudo, em aspectos didáticos como os suscitados anteriormente;

- b) Os cursos de licenciatura em Física não conseguem contornar/superar o hiato entre a Física e sua dimensão histórico-filosófica;
- c) A extensa produção bibliográfica acerca da temática, ainda não conseguiu impactar profundamente o Ensino Superior e, em cadeia, a Educação Básica, muito por conta de concepções alternativas equivocadas sobre Ciência, Trabalho Científico e Natureza da Ciência, que poderiam ser questionadas/testadas através de sequências didáticas baseadas no uso da HFC.

REFERÊNCIAS.

- ABIB, M. L. V. S. Em busca de uma nova formação de professores. **Revista Ciência & Educação**, Bauru, v. 1, p. 60-72, 1996.
- ADAMS, P. E.; TILLOTSON, J. W. Why research in the service of Science teacher education is needed. **Journal of Research in Science teaching**, v. 32, n. 5, p. 441-443, 1995.
- ALMEIDA, M. J. P. M. Expectativas sobre o desempenho do professor de Física e possíveis consequências em suas representações. **Ciência & Educação**, Bauru, v. 6, n. 1, p. 21-29, 2000.
- AZNAR, M. M. M. *et al.* Qué pensamiento profesional y curricular tienen los futuros profesores de Ciencias de secundaria? **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 19, n. 1, p.67-87, 2001.
- BACHELARD, G. **A formação do espírito científico**. Rio de Janeiro: Ed. Contraponto, 1998.
- BARROS FILHO, J. **Avaliação da aprendizagem e formação de professores de física para o ensino de nível médio**. 2002. 185 f. Tese (Doutorado em Educação) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Educação, Campinas, SP, 2002.
- BASTOS, F. História da Ciência e pesquisa em ensino de Ciências: breves considerações. Construtivismo e Ensino de Ciências. In: NARDI, R. (org.) **Questões atuais no ensino de Ciências**. São Paulo: Escrituras, 1998a, p. 43-52.
- BRASIL. Ministério da Educação e Cultura. República Federativa do Brasil. **Parâmetros Curriculares Nacionais – Ensino Médio**. Brasília: MEC, 2000.109p.
- CLONINGER, C. S. **Teorias da Personalidade**. São Paulo: Martins Fontes, 1999.
- COCHRAN, K. F.; JONES, L. L. The subject matter knowledge of preservice science teachers. **International Handbook of Science Education**, v. 2, p. 707-718, 1998.
- CUNHA, A. M. O. **A mudança conceitual de professores num contexto de educação continuada**. 1999. 479 f. Tese (Doutorado). Faculdade de Educação da Universidade de São Paulo na subárea: Ensino de ciências e matemática, São Paulo, 1999.
- DIAZ, J. A. A. Algunas creencias sobre el conocimiento científico de los profesores de educacion secundaria em formación inicial. **Bordón**. v. 52, n. 1, p. 5-16, 2000.
- DUIT, R.; TREAGUST, D. F. Conceptual change: A powerful framework for improving science teaching and learning. **International journal of science education**, v. 25, n. 6, p. 671-688, 2003.
- DUSCHL, R. A. Más allá del conocimiento: los desafíos epistemológicos y sociales de la enseñanza mediante el cambio conceptual. **Enseñanza de Las Ciencias**, v.13, n.1, p. 3-14, 1995.

EL-HANI, C. N.; TAVARES, E. J. M.; ROCHA, P. L. B. Concepções epistemológicas de estudantes de Biologia e sua transformação por uma proposta explícita de ensino sobre História e Filosofia das Ciências. **Investigações em Ensino de Ciências**. v. 9, n. 3, p. 265-313, 2004.

FERREIRA, N. O. **Utilizando o ciclo da experiência de Kelly para investigar a compreensão do comportamento dual da luz**. 2005. 151 f. Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências) - Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2005.

FREIRE JR, O. A relevância da filosofia e da história das ciências para a formação dos professores de ciências. In: SILVA FILHO, W. J. *et al.* **Epistemologia e Ensino de Ciências**. Salvador: Ed. Arcádia, 2002, p. 13-30.

FURIÓ, C. J. Tendências actuales en la formación del profesorado de Ciencias. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 12, n. 2, p. 188-199, 1994.

FUSINATO, P. A. *et al.* A interdisciplinaridade entre a Biologia e a Física. V Escola de Verão para professores de Física, Química e Biologia e áreas afins. **Atas**. p. 67-72, 2000.

GAGLIARDI, R. E.; GIORDAN, A. La história de las Ciencias : una herramienta para la enseñanza. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 4, n. 3, p. 253-258, 1986.

GARCÍA, C. A. **Teoria dos construtos pessoais**. Disponível em: <<http://www.resumosetrabalhos.com.br/teoria-dos-constructos-de-kelly.html>>. Acesso em: 16 mai. 2015.

GARGALLO, B.; CÁNOVAS, P. A construção humana através da elaboração das construções pessoais: G. A. Kelly. In: MINGUET, P. A. **A Construção do conhecimento na educação**. Porto Alegre: Artmed, 1998. p. 150-173.

GATTI, S. R. T. **Análise de uma ação didática centrada na utilização da história da Ciência**. 2005. 312f . Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Programa de Pós-Graduação em Educação Campinas, Universidade de Campinas, SP, 2005.

GEIWITZ, J. **Teorias não-freudianas da personalidade**. São Paulo: E.P.U., 1973.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2010. 176 p.

GIL PEREZ, D. *et al.* Para uma imagem não deformada do trabalho científico. **Revista Ciência e Educação**. v. 7, n. 2, p. 125-153, 2001.

_____. Tiene sentido seguir distinguiendo entre aprendizaje de conceptos, resolución de problemas de lapiz y papel y realización de prácticas de laboratorio? **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 17, n. 2, p. 311-320, 1999.

GIL PEREZ, D. Que hemos de saber y saber hacer los profesores de Ciencias? **Enseñanza de las Ciencias**. v. 9, n. 1, p. 69-77, 1991..

GUNSTONE, R. Constructivism and metacognition: theoretical issues and classroom studies. In: DUIT, R. (Ed.). **Proceedings of an international workshop held at the University Bremen**. Bremen: March 4 – 8. Kiel: Inst. Für die Pädagogik der Naturwissenschaften an der Univ., 1991. p. 129-140.

HALL, C. S.; LINDZEY, G. **Teorias da Personalidade**. São Paulo: E.P.U., 1984.

HALL, C. S.; LINDZEY, G.; CAMPBELL, J. B. **Teorias da Personalidade**. Porto Alegre: Artmed, 2000.

HEWSON, P. W. A case study of conceptual change in Special Relativity: the influence of prior knowledge in learning. **European Journal of Science Education**, v. 4, n. 1, p. 61-78, 1982.

HEWSON, P.; HEWSON, M. The status of student conceptions. In: R. DUIT, F.; GOLDBERG, H.; NIEDDERER (Eds). **Research in physics learning**: Theoretical issues and empirical studies. Kiel, Germany: Institute of Science Education, 1992. p. 59-73.

HEWSON, P. W.; THORLEY, N. R. The conditions of conceptual change in the classroom. **International Journal of Science Education**, v. 11, n.5, p.541-553, 1989.

HEWSON, P. W. *et al.* Educating prospective teachers of Biology: introduction and research methods. **Science Education**, v. 83, n. 3, p. 247-273, 1999a.

_____. Educating prospective teachers of Biology: findings, limitations and recommendations. **Science Education**, v. 83, n. 3, p. 373-384, 1999b.

JUNIOR, J.A.F.P et al. Análise fatorial exploratória e alfa de cronbach: elementos iniciais na validação de instrumentos de avaliação educacional. **Educação & Linguagem**, v.1,n.1, p.63-75, jun. 2014.

KRASILCHIK, M. **O professor e o currículo das ciências**. São Paulo, EPU/Edusp, 1987.

KELLY, G. A. Behavior is na experimente. In: BAMISTER (Ed). **Perspective in personal constructo theory**. London: Academic Press. 1970, p. 255-269.

_____. **A Theory of Personality**: The psychology of personal constructs. New York: W. W. Norton, 1963.

KUNT, T.S. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1998.

_____. **A estrutura das revoluções científicas**. São Paulo: Ed. Perspectiva, 1975. 262 p.

LEDERMAN, N. G. *et al.* Views of nature of science questionnaire (VNOS): toward valid and meaningful assessment of learners' conceptions of nature of science. **Journal of Research in Science Teaching**, n. 39, p. 497-521, 2002.

LEVITT, K. An analysis of elementary teacher's beliefs regarding the teaching and learning of Science. **Science Education**, v. 86, n. 1, p. 1-22, 2001.

LIMÓN, M. On the cognitive conflict as an instructional strategy for conceptual change: a critical appraisal. **Learning and Instruction**, v. 11, n. 4, p. 357-380, 2001.

LONGUINI, M. D.; NARDI, R. Construção de uma sequência de atividades de ensino sobre o conceito de pressão atmosférica numa abordagem construtivista: a busca de uma mudança de postura do futuro professor de física. In.: **Coletânea da Terceira Escola de Verão para Professores de Prática de Ensino de Física, Química e Biologia**, 2000. p. 124-127.

MARION, R. *et al.* Teaching for conceptual change in elementary and secondary science methods courses. **Science Education**, v. 83, n. 3, p. 275-307, 1999.

MAROCO, J. P. **Análise Estatística com o SPSS Statistics**. 5ª ed. Pêro Pinheiro: Report Number, 2011.

MARTINS, A. F. P. História e Filosofia da Ciência no Ensino: Há muitas pedras nesse caminho. **Caderno Brasileiro de Ensino de Física**, v. 24, n. 1, p. 112-131, 2007.

MATTHEWS, M. R. **Science Teaching**: the role of history and philosophy of science. London: Routledge, 1994.

_____. History, philosophy and science education: the present reapproachment. **Science & Education**, v. 1, n. 1, p. 11-47, 1992.

MELLADO, V. Concepciones y prácticas de aula de profesores de Ciencias, en las formación inicial de primaria y secundaria. **Enseñanza de las Ciencias**, v. 14, n. 3, p. 289-302, 1996.

MORTIMER, E. F. Construtivismo, mudança conceitual e ensino de Ciências: para onde vamos? In: **Escola de Verão para Professores de Prática de Ensino de Física, Química e Biologia**, 3, 1994, Serra Negra. Coletânea. São Paulo: FEUSP, 1995. p.56-74.

NIEDDERER, H.; GOLDBERG, F.; DUIT, R. Towards learning process studies: A review of the Workshop in Physics Learning. In: _____. **Research in Physics Learning**: Theoretical Issues and Empirical Studies. Kiel: IPN, 1991.

PEDUZZI, L. O. Q. **As concepções espontâneas, a resolução de problemas e a História e a Filosofia da Ciência em um curso de Mecânica**. 1998. 850 f. Tese (Doutorado em Educação) - Centro de Ciências da Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, 1998.

PEREIRA, A. P. **Distribuição conceitual no ensino de física quântica**: uma aproximação sociocultural às teorias de mudança conceitual. 2011. 2010f. Tese (Doutorado em Ensino de Física) – Programa de Pós-graduação em Ensino de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012.

POSNER, G. J.; STRIKE, K. A. A revisionist theory of conceptual change. In.: Duschl, R.; Hamilton, R. J. (Eds.). **Philosophy of science, cognitive psychology, and educational theory and practice**. State University of New York Press: Albany, 1992.

POSNER, G. J. *et al.* Accommodation of a scientific conception: toward a theory of conceptual change. **Science Education**, v. 66, n. 2, p. 211-227, 1982.

RAYMUNDO, V.P. Construção e validação de instrumentos: um desafio para a psicolinguística. **Letras de Hoje**, Porto Alegre, v. 44, n. 3, p. 86-93, jul./set. 2009.

ROSA, K. D. **A Inserção de história e filosofia da ciência na formação de professores de física**: a experiencia da UFBA e da UFRGS. 2006. 198f. Dissertação (Mestrado em Ensino, Filosofia e História da Ciências) – Instituto de Física, Universidade Federal da Bahia, BA, 2006.

SANCHÉS RON, J. M. Usos y abusos de la historia de la Física en la enseñanza. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 6, n. 2, p. 179-188, 1988.

SANMARTI, N. CASADELLA, J. Semejanças y diferencias entre las concepciones infantiles y la evolución histórica de las Ciencias: el ejemplo del concepto de fuerza y especialmente del de fuerza de gravedad. **Enseñanza de Las Ciencias**, v. 5, n. 1, p. 53-58, 1987.

SANTOS, M. E. **A cidadania na “Voz” dos Manuais Escolares**. Lisboa: Livros Horizonte, 2001.

SCHULTZ, D. P.; SCHULTZ, S. E. **Teorias da Personalidade**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

SILVA, B. V. C.; MARTINS, A. F. P. A natureza da luz e o Ensino da Óptica: uma experiência didática envolvendo o uso da História e da Filosofia da Ciência no Ensino Médio. **Experiências em Ensino de Ciências**, v. 5, n. 2, p. 71-91, 2010.

SOLOMON, J. Learning about energy: how pupils think in two domains. **European Journal of Science Education**, v. 5, n. 1, p. 49-59, 1983.

TABACHNICK, B.R.; ZEICHNER, K. M. Idea and action: action research and the development of conceptual change teaching of science. **Science Education**, v. 83, n. 3, p. 309-322, 1999.

TOSCANO, C. **Acendendo algumas “luzes” e tomando uns “choques”**: a proposta para o ensino de eletromagnetismo do GREF numa perspectiva de formação continuada de professores. 1991. Dissertação (Mestrado em Educação) - Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 1991.

TOULMIN, S. **Human understanding**. Princeton: Princeton University Press, 1972.

WHEATLEY, G. H. Construtivist Perspectives on Science and Mathematics Learning. **Science Education**, v. 75, n. 1, p. 9-21, 1991.

**APÊNDICE A – PRIMEIRO MOMENTO – IDENTIFICAÇÃO DOS
ENTREVISTADOS E QUESTIONÁRIO VNOS-C (VIEWS OF NATURE OF
SCIENCE – FORM C)**



Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Fortaleza
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Ensino de Física
Professor Orientador Mairton Cavalcante Romeu
Mestrando: Christian Gama Cavalcante

Dados do Entrevistado

1. Nome: _____ matrícula: _____
2. Curso: _____
3. Período: _____
4. Ano de Ingresso: _____
5. Método de Ingresso () SISU () Vestibular
6. Idade: _____
7. Sexo: () Feminino () Masculino
8. Possui experiência docente? () Sim () Não
Em caso afirmativo, informe:
Série (s) ou ciclo(s) em que atua/atuou _____
Tempo de experiência em sala de aula _____

9. Durante seu ensino médio, você teve contato com História da Física, através de sequencias ou livros didáticos? Em caso afirmativo: o que você estudou? Qual a sua opinião sobre essa experiência/abordagem?

Questionário VNOS-C (Views of Nature of Science – form C)

1. Na sua visão, o que é ciência?

2. O que na sua opinião é ciência? (ou uma disciplina científica como: física, biologia etc.), diferente de outras formas de investigação (por exemplo: religião, filosofia)?

3. O que é um experimento?

4. O desenvolvimento do conhecimento científico requer experimentos? a) Se sim, explique por que. Dê um exemplo para defender sua posição. b) Se não, explique por que. Dê um exemplo para defender sua posição.

5. Livros-texto de ciência frequentemente representam o átomo como um núcleo central composto de prótons (partículas carregadas positivamente) e nêutrons (partículas neutras), com elétrons (partículas carregadas negativamente) orbitando ao redor do núcleo. Qual o grau de certeza que os cientistas têm para determinar a estrutura do átomo? Que evidência específica, ou tipos de evidência, você pensa que os cientistas utilizaram para determinar com que um átomo se parece?

6. Você acha que há diferença entre uma teoria científica e uma lei científica? a) Se sim, explique por que. Dê um exemplo para defender sua posição. b) Se não, explique por que. Dê um exemplo para defender sua posição.

7. Após os cientistas terem desenvolvido uma teoria científica (por exemplo, a teoria atômica, a teoria da evolução), a teoria pode transformar-se? a) Se você acredita que as teorias científicas não mudam, explique por que. Defenda sua resposta com exemplos. b) Se você acredita que as teorias científicas de fato mudam: (b1) Explique por que as teorias mudam. (b2) Explique por que nós nos preocupamos em aprender teorias científicas, considerando que as teorias que aprendemos poderão mudar. Defenda sua resposta com exemplos.

8. Livros-texto de ciências definem uma espécie como um grupo de organismos que compartilham características similares e podem cruzar uns com os outros produzindo filhos férteis. Qual o grau de certeza que os cientistas têm acerca de sua caracterização do que é uma espécie? Que evidência específica você pensa que os cientistas utilizaram para determinar o que é uma espécie? *(Por critérios de seleção, explicitados no corpo da dissertação, essa questão ora está exclusiva do certame.)*

9. Acredita-se que há cerca de 65 milhões de anos os dinossauros se extinguiram. Entre as hipóteses formuladas pelos cientistas para explicar a extinção, duas gozam de maior apoio. A primeira, formulada por um grupo de cientistas, sugere que um imenso meteorito atingiu a Terra há 65 milhões de anos e acarretou uma série de eventos que causou a extinção. A segunda hipótese, formulada por um outro grupo de cientistas, sugere que grandes e violentas erupções vulcânicas foram responsáveis pela extinção. Como essas conclusões diferentes são possíveis se os cientistas de ambos os grupos tiveram acesso a e utilizaram o mesmo conjunto de dados para obter suas conclusões?

10. Os cientistas realizam experimentos/investigações científicas quando estão tentando encontrar respostas para as questões que eles propuseram. Os cientistas usam sua criatividade e imaginação durante suas investigações? a) Se sim, então em que estágios das investigações você acredita que os cientistas utilizam sua imaginação e criatividade: projeto e planejamento; coleta de dados; após a coleta de dados? Por favor, explique por que os cientistas usam a imaginação e a criatividade. Forneça exemplos se for apropriado. b) Se você acredita que cientistas não usam a imaginação e a criatividade, por favor explique por que. Forneça exemplos se for apropriado.

11. Algumas pessoas afirmam que a ciência é impregnada por valores sociais e culturais. Isto é, a ciência reflete os valores sociais e políticos, as suposições filosóficas e as normas intelectuais da cultura na qual ela é praticada. Outras pessoas afirmam que a ciência é universal. Isto é, a ciência transcende as fronteiras nacionais e culturais e não é afetada por valores sociais, políticos e filosóficos e pelas normas intelectuais da cultura na qual ela é praticada. a) Se você acredita que a ciência reflete valores sociais e culturais, explique por que e como. Defenda sua resposta com exemplos. b) Se você acredita que a ciência é universal, explique por que e como. Defenda sua resposta com exemplos.

APÊNDICE B – SEGUNDO MOMENTO – ANTECIPAÇÃO - CEK



INSTITUTO FEDERAL
CEARÁ

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Fortaleza

Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática

Ensino de Física

Professor Orientador Mairton Cavalcante Romeu

Mestrando: Christian Gama Cavalcante

Antecipação - Ciclo de Experiência de Kelly

A luz é objeto de inquietações, proposições e teorias, epistemológica e metafisicamente falando, desde muito tempo. Os gregos, por exemplo, construíram teorias que em que conferiam à luz, basicamente, ora uma natureza discreta ora uma natureza contínua. As duas vertentes influenciaram séculos posteriores e resistiram a transformação da filosofia natural em ciência.

a) Na sua opinião a que se deve a recorrente síntese grega em torno dos conceitos de luz, visão e fogo?

b) O que difere o modelo grego de átomos de luz do fóton?

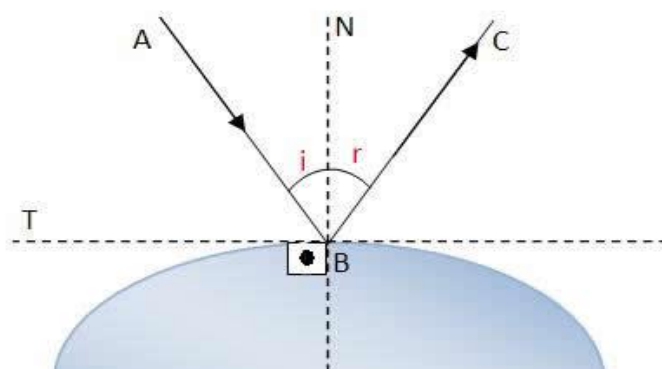
c) Na sua opinião, entre as teorias gregas que consideram a luz como uma partícula, ou um raio, ou uma perturbação em meio material, como se justifica a propagação retilínea da luz?

2. Outros sábios, influenciados pelas ideias de Platão e Aristóteles desenvolveram o estudo da Ótica. Euclides (320 – 275 a.C) retomou a ideia dos raios visuais provenientes do olho e afirmou que a luz se propagava em linha reta com uma velocidade muito alta. Daí, pôs-se a estudar os fenômenos de reflexão e refração da luz. Por outro lado, os árabes também contribuíram aos estudos referentes à luz. O sábio Ibn-al-Haithman (965 – 1039), ocidentalizado como Alhazen, inferiu que a luz independia dos indivíduos ou dos corpos iluminados. De modo análogo a Ptolomeu que antecipou a teoria da refração da luz, Alhazen foi capaz de exprimir a lei de reflexão da luz compatível com a física atual. O árabe, assim, enunciou a lei:

A razão pela qual a luz se reflecte (sic), fazendo com o espelho um ângulo igual, àquele sobre o qual chega, é a seguinte: como a luz se desloca por um movimento extremamente rápido, logo que chega ao espelho, ela não penetra no seu interior mas não pode aí parar e como nela permanece ainda a força e a natureza do movimento primitivo, ela reflecte-se (sic) do lado pela qual ela chegou e seguindo uma linha inclinada como a precedente. (Biezunski.1993, p.21)

Após 500 anos, o francês René Descartes (1596 – 1650), considerava que a luz se propagava de igual modo ao som, como uma pressão transmitida através de um meio material. Denominado éter e de características muito sutis, esse meio era rarefeito, muito leve e capaz de penetrar nos corpos. Em relação ao fenômeno da reflexão da luz, formulou que o ângulo do feixe luminoso que incide sobre uma superfície, relativamente a uma normal, é igual ao ângulo formado pelo feixe refletido, conforme vê-se na figura

Figura 1 – Esquema ilustrativo do fenômeno de reflexão da luz



Fonte: <http://www.sofisica.com.br/conteudos/Otica/Reflexaodaluz/reflexao.php>

a) Se ambos filósofos chegaram ao mesmo resultado, por que só a partir de Descartes a relação entre os ângulos de incidência e reflexão referentes ao fenômeno da reflexão luminosa é considerada uma lei científica? Isso é devido a matemática, de forma específica? Ou ao método científico, como um todo?

b) Pela origem árabe, supõe-se que Alhazen tivesse uma inclinação a filosofia atomista o que pode revelar a natureza discreta do raio luminoso, enquanto Descartes, assim como Aristóteles, não acredita em átomos e em vazio, sendo seu raio luminoso um contínuo. Cientificamente, o que muda em relação ao fenômeno de reflexão entre os modelos?

c) Experimentalmente, é possível provar a natureza discreta ou contínua da luz? Os dois modelos são válidos para descrever a reflexão? Existe possibilidade de complementaridade entre eles?

APÊNDICE C – SEGUNDO MOMENTO – INVESTIMENTO - CEK



**INSTITUTO FEDERAL
CEARÁ**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Fortaleza
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Ensino de Física
Professor Orientador Mairton Cavalcante Romeu
Mestrando: Christian Gama Cavalcante

Investimento - Ciclo de Experiência de Kelly

1.O cientista inglês Sir Isaac Newton, escritor de *Princípios Matemáticos da Filosofia Natural*, deteve-se, também, aos estudos dos fenômenos luminosos. Newton afirmava que a luz era formada por partículas de velocidades e posições bem definidas e que cada cor correspondia a uma dessas partículas. Influenciado, também, por uma perspectiva ondulatória da luz, chegou a considerar um meio no qual os corpúsculos transmitiriam determinada vibração, o éter luminífero. Entretanto, sua teoria de coexistência de éter e corpúsculos de luz não se desenvolveu por incongruências conceituais. Desse modo, Newton inclinou-se à sua visão corpuscular da luz, donde as leis de reflexão e refração seriam, em suma, corolários das leis de conservação do movimento das partículas e resultado de uma força de refringência.

Newton supôs que a refração é devida ao efeito de uma força a que chamou 'força refringente', dirigida perpendicularmente sobre a superfície e que tem por efeito quer afastar quer aproximar os raios luminosos da normal à superfície. Se a força é suficientemente intensa para impedir os corpúsculos luminosos de entrar no segundo meio, temos nesse caso a reflexão. (Biezunski,1993, p.35).

a) Ao considerar a reflexão um corolário das leis de conservação de movimentos das partículas, pode-se estabelecer uma analogia entre a reflexão e a colisão de uma partícula sobre uma superfície? Se possível, seria uma colisão elástica ou inelástica?

b) Ao descrever a força refringente, entende-se que ela se comporta parecido com uma força de atrito ou resistência do ar. No entanto a que se deve o desvio do raio luminoso composto por partículas ao mesmo meio material (reflexão)?

2. Em contrapartida, o holandês Christian Huygens, ao escrever seu Tratado da Luz, publicado em 1678, passou a ser considerado o cientista que primeiro enunciou uma teoria ondulatória completa.

Pela teoria de Huygens, a luz é formada por ondas e a cada cor correspondem ondas de um dado comprimento de onda, que se propagam com diferentes velocidades em cada meio material, o que é suficiente para explicar o fenômeno da refração com a separação das cores quando a luz muda de meio, essa separação não ocorre na reflexão, pois nesse caso a luz permanece no mesmo meio material, não havendo alteração na velocidade de suas ondas componentes. (Salvetti, 2008, p.55)

Por analogia à propagação do som, ao adotar o modelo ondulatório, Huygens considerou a luz como algo que se propagava e invadia todo o espaço. É lógico afirmar, portanto, que o universo precisaria ser preenchido de tal modo a subsidiar a propagação da luz. Assim sendo, caracterizou o éter luminífero como um conjunto denso de partículas duras, invisíveis, sem massa, e em contato com outras de sua vizinhança. A oscilação das partículas nesse meio se dava em torno de um ponto médio capaz de transmitir o seu movimento aos entes circunvizinhos. Considerando essa propagação espacialmente nas três dimensões, Huygens inferiu que a referida onda era esférica e que cada partícula que vibrasse nesse movimento oscilatório funcionaria como fonte de uma nova frente de onda.

a) Como onda e análoga ao som, a luz para Huygens reduzia-se a perturbação vibracional em um éter granular. Ao caracterizar o éter como um conjunto denso de partículas duras, invisíveis e sem massa, Huygens recorre a um atomismo parecido ao de Newton para descrever a luz. Sob quais justificativas densidade, invisibilidade e ausência de massa são características desse meio?

APÊNDICE D – SEGUNDO MOMENTO – EXPERIÊNCIA - CEK

	LABORATÓRIO DE FÍSICA EXPERIMENTAL
	INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA CEARÁ Campus Fortaleza
CURSO _____	
DISCIPLINA _____	

TÍTULO DA EXPERIÊNCIA: Refração em Lâminas Delgadas

DATA: ____/____/____

Aluno(a): _____

Matrícula: _____

ROTEIRO

Conceitos estudados

- Índice de Refração
- Refringência
- Feixe de luz
- Raio de Luz
- Ângulo de refração
- Desvio óptico
- Lei de Snell-Descartes
- Refração luminosa

Habilidades e competências:

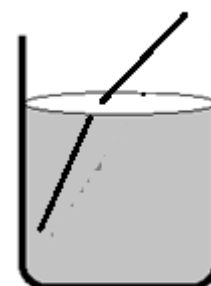
- Aplicar a lei de Snell-Descartes para determinar o índice de refração de um sistema óptico
- Conhecer a geometria e as propriedades físicas de um sistema óptico
- Reconhecer o ângulo de refração de um sistema óptico
- Estudar o princípio da propagação retilínea da LUZ.

Contextualização/problematização:

Opticamente, um meio transparente e homogêneo é caracterizado pelo seu índice de refração absoluto. O **índice de refração absoluto n** , de um meio, para uma determinada luz monocromática é a razão entre a velocidade da luz no vácuo (c) e a velocidade da luz no meio (v):

$$n = \frac{c}{v} \quad \text{[Equação 1]}$$

A refração da luz é um fenômeno que ocorre quando a mesma passa de um meio para outro que apresenta propriedades ópticas diferentes. Esse fenômeno é facilmente observável utilizando-se materiais de baixo custo como um copo de vidro, líquidos de densidades diferentes e um canudo de refrigerante ou um lápis. Introduzindo-se o canudo no líquido contido no copo é fácil notar que o mesmo apresenta um leve desvio na



passagem de um meio para outro (ar e líquido). Usando essa propriedade e a lei de Snell, é possível determinar alguns parâmetros apresentados num sistema óptico como um PRISMA ou uma LÂMINA DELGADA.

Fundamentação teórica

O desvio da luz ao passar de um meio para outro pode ser perfeitamente explicado através do conceito de **Frente de Onda** e do **Princípio de Huygens**. Para ondas retas, por exemplo, é fácil mostrar porque ocorre o desvio da luz com a mudança de meio.

Na figura 1 estão representadas duas frentes de onda que passam de um meio 1 para outro meio 2 sofrendo refração. É possível notar que essas frentes de onda se adiantam no meio 2 quando adquirem maior velocidade. Isto indica que o índice de refração do meio 2 é menor que o índice de refração do meio 1 [$n_1 > n_2$]. Como as frentes de onda possuem a mesma frequência [$f_1 = f_2$] nos dois meios podemos escrever:

$$\frac{v_1}{v_2} = \frac{\lambda_1 f_1}{\lambda_2 f_2} = \frac{\lambda_1}{\lambda_2} \quad [\text{Equação 2}]$$

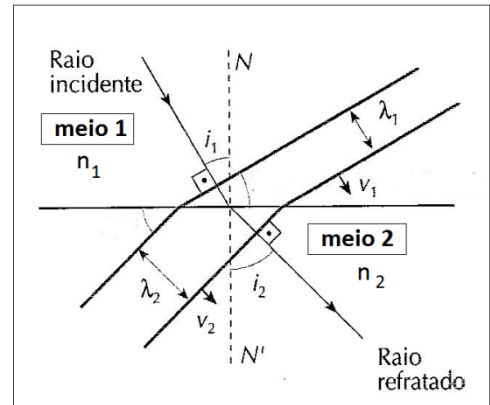


Figura 1 - Frentes de onda refratando

De acordo com a equação 1, podemos escrever $\frac{n_1}{n_2} = \frac{v_2}{v_1}$ [Equação 3]

Como [$n_1 > n_2$]. Então [$v_2 > v_1$] como havíamos previsto.

Observe no quadro da figura 2* a dedução da Lei de **Snell-Descartes** bastante utilizada na óptica geométrica:

No triângulo retângulo $PQ'Q$: $\text{sen } i_1 = \frac{v_1 t}{PQ}$ e, no triângulo retângulo $PQ'P'$: $\text{sen } i_2 = \frac{v_2 t}{P'Q'}$.

Assim, temos: $\frac{\text{sen } i_1}{\text{sen } i_2} = \frac{v_1 t}{v_2 t} \cdot \frac{P'Q'}{PQ} \Rightarrow \boxed{\frac{\text{sen } i_1}{\text{sen } i_2} = \frac{v_1}{v_2}}$

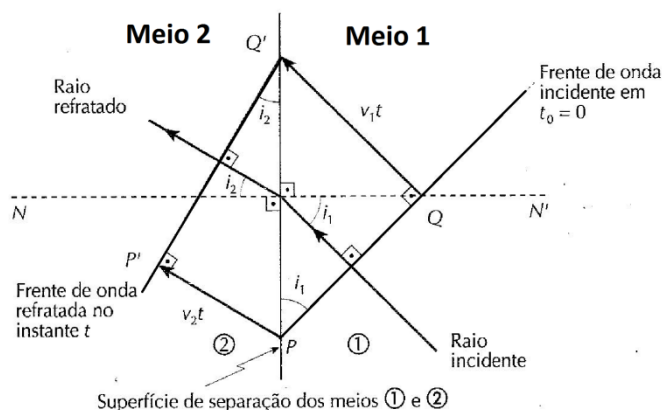


Figura 2 - Demonstração da Lei de Snell-Descartes

***Adaptada de “Fundamentos da Física” – Ramalho - Nicolau – Toledo**

Usando a Equação 3 podemos escrever:

$$\frac{\text{sen } i_1}{\text{sen } i_2} = \frac{n_2}{n_1} \quad \text{ou} \quad n_1 \text{sen } i_1 = n_2 \text{sen } i_2$$

Material necessário:

- Lâmina de material transparente
- Base retangular (Isopor, Espuma, Cortiça ou qualquer material de fácil perfuração).
- Alfinetes ou percevejos (03)
- Cola para isopor
- Transferidor
- Régua
- Cartolina
- Tesoura

Procedimento experimental

1. Corte um pedaço de cartolina com as mesmas dimensões da base retangular e em seguida una as duas partes com cola.
2. Coloque a lâmina transparente sobre a cartolina ligada à base retangular e desenhe o seu contorno.
3. Usando dois alfinetes (1 e 2), defina a direção do raio incidente como na figura 3.

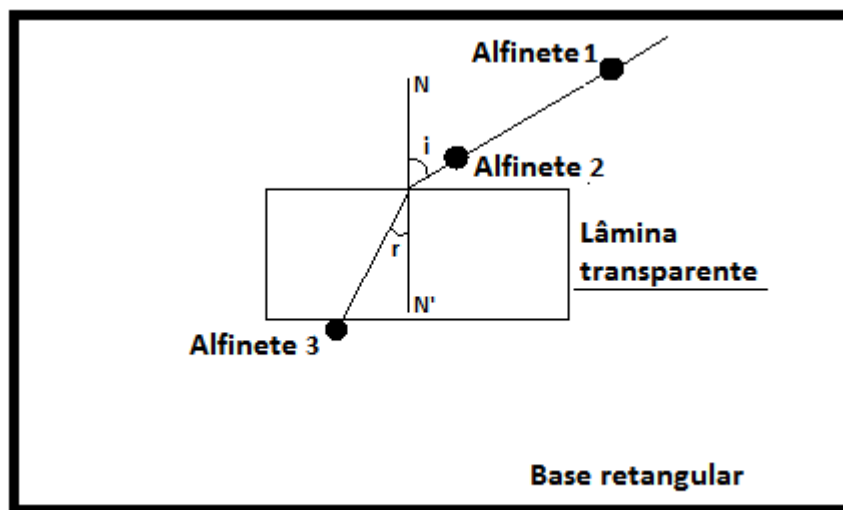


Figura 3 - Raio incidente e refratado

4. Procure ver através da lâmina, olhando pela face oposta, o ponto onde os dois alfinetes (1 e 2) aparecem sobrepostos. Coloque aí o alfinete 3.
5. Retire a lâmina e trace os raios incidente e refratado.
6. Use um transferidor e meça os ângulos de incidência (i) e de refração (r).

	LABORATÓRIO DE FÍSICA EXPERIMENTAL	
	CURSO	
	DISCIPLINA	
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA CEARÁ Campus Fortaleza		

TÍTULO DO EXPERIMENTO: Refração em lâminas delgadas **DATA:** ____ / ____ / ____

NOME: _____ **Matrícula:** _____

TAREFA

1. Repita o procedimento do roteiro para outras direções de incidência e determine o valor mais provável do índice de refração da lâmina. Preencha a tabela 1.

Tabela 1 - Índice de refração da lâmina

	Ângulo de incidência (i)	Ângulo de refração (r)	n do meio	n da lâmina
Incidência 1				
Incidência 2				
Incidência 3				
Incidência 4				
Incidência 5				
	Valor médio			

2. Consulte uma literatura sobre índices de refração e compare o valor do índice de refração medido neste experimento com o valor da literatura.
3. Determine o erro percentual entre os dois valores.

4. Conclusões finais:

APÊNDICE E – SEGUNDO MOMENTO – CONFIRMAÇÃO/REFUTAÇÃO - CEK**INSTITUTO FEDERAL
CEARÁ**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Fortaleza
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Ensino de Física
Professor Orientador Mairton Cavalcante Romeu
Mestrando: Christian Gama Cavalcante

(Des)confirmação - Ciclo de Experiência de Kelly

1. O que é reflexão luminosa?

2. O que é refração luminosa?

3. Os fenômenos acima citados são descritos atualmente por uma Óptica que considera dual a natureza da luz. Anteriormente, tanto a reflexão quanto a refração foram descritas pela Óptica Geométrica. Nessa abordagem uns defendiam que a propagação retilínea da luz e a natureza do raio luminoso eram explicadas em termos de uma natureza discreta da luz. Todavia, ainda nessa abordagem, houve propostas de descrição em que essa natureza foi considerada um contínuo. De modo análogo, na Óptica física, pela teoria ondulatória, acreditava-se que a luz ora era a vibração de um meio contínuo, ora era oscilação de diminutas partículas. Na sua

opinião que critério além do experimental, foi primordial para considerar o modelo de dualidade hodiernamente mais aceito?

4. Embora tivesse tido, inicialmente, considerado o éter em sua obra, Newton ao dedicar-se também a concepção filosófica de um método científico, a um modelo mecanicista de descrição dos fenômenos naturais e sobretudo por sofrer influências de filósofos que àquela época estavam empenhados com um neo-atomismo, ele acaba por reduzir tanto a reflexão quanto a refração ao mecanicismo através de analogias com colisões e forças e descarta o éter de sua explicação para os fenômenos ópticos. Haja vista que sua síntese óptica não explicasse totalmente nem refração, irisações e difrações, na sua opinião o que garante a supremacia de sua teoria por quase 100 anos, sobre o agravante que a teoria Christian Huygens (ondulatória) era suficiente para explicar, pelo menos teórica e matematicamente, a refração e a difração?

5. Uma sequência didática que apresenta o desenvolvimento teórico dos fenômenos ópticos em seus termos histórico, filosófico, matemático, físico e experimental pode contribuir para formação docente em que aspectos? Afinal, isso configura-se uma metodologia viável? Na sua opinião quais as principais dificuldades de implementação desse estratégia didático-metodológica?

APÊNDICE F – SEGUNDO MOMENTO – REVISÃO CONSTRUTIVA - CEK**INSTITUTO FEDERAL
CEARÁ**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Fortaleza
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Ensino de Física
Professor Orientador Mairton Cavalcante Romeu
Mestrando: Christian Gama Cavalcante

Revisão Construtiva - Ciclo de Experiência de Kelly

1. Na sua opinião a que se deve a não dissociação dos conceitos de luz, visão e fogo para os gregos na Antiguidade Clássica?

2. Você acredita na influência do atomismo no modelo corpuscular da luz? Em que estas teorias diferem e tem em comum?

3. Pela teoria ondulatória, como se justifica a propagação retilínea da luz?

4. Se Euclides e Alhazen chegaram a enunciados para a reflexão luminosa parecidos com os de Descartes, os quais relacionavam os ângulos de incidência e reflexão, por que só a partir do último filósofo, o fenômeno da reflexão luminosa é considerada uma lei científica? Isso é devido a matemática, de forma específica? Ou ao método científico, como um todo?

5. Pela origem árabe, supõe-se que Alhazen tenha uma inclinação a filosofia atomista o que pode revelar a natureza discreta do raio luminoso, enquanto Descartes, assim como Aristóteles, não acredita em átomos e em vazio, sendo seu raio luminoso um contínuo. Cientificamente, o que muda em relação ao fenômeno de reflexão entre os modelos?

6. Sofrendo influências tanto de atomistas como Boyle e Gassendi, quanto de Descartes que desacreditava, assim como Aristóteles, em átomos e vazio, teria Newton condições suficientes de elaborar uma síntese em que ambas as correntes de pensamentos comungassem, algo parecido com a descrição dual da luz?

APÊNDICE G – AULA INSTRUCIONAL/INTRODUTÓRIA AO CURSO



**INSTITUTO FEDERAL
CEARÁ**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Fortaleza
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Ensino de Física

PLANO DE AULA

Identificação			
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará			
Professor-tutor		Professor pesquisador	
Mairton Cavalcante Romeu		Christian Gama Cavalcante	
Disciplina	Semestre	Carga Horária	Data
História da Física	VII	2 h/aula	29/02/2016
Assunto/Tema			
AULA INAUGURAL DO CURSO			

Plano		
Objetivo Geral		
Apresentar as regras e a metodologia do curso.		
Objetivos Específicos		
• Explicar os procedimentos do curso; • Recolher as assinaturas do Termo de Livre Esclarecido; • Aplicar o questionário VNOS-C; • Reconhecer as principais concepções dos licenciandos a respeito da Natureza da Ciência (NdC).		
Conteúdo Programático		
• Ciclo de Experiência de Kelly (CEK) • História e Filosofia da Ciência (HFC) no Ensino de Física		
Recursos		
• Data show/Notebook • Termo de Livre Esclarecido • Questionário VNOS-C		
Procedimento		
Introdução	Desenvolvimento	Conclusão
Apresentação dos objetivos, procedimentos e conteúdo programático do curso. Leitura e assinatura do Termo Livre Esclarecido.	Exposição das vantagens e desvantagens da inserção da HFC no Ensino de Física. Detalhamento das etapas do CEK como sugestão de método de ensino.	Aplicação do Questionário VNOS-C, instrumento que elenca as principais características da ecologia conceitual dos sujeitos acerca da NdC.
Avaliação		

O processo avaliativo ocorrerá mediante participação dos alunos nas atividades desenvolvidas. Em relação ao VNOS-C, este é analisado mediante categorização própria.

Referências Bibliográficas

MARTINS, André Ferrer P. **História e Filosofia da Ciência no Ensino: Há muitas pedras nesse caminho**, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.24, nº1, p.112-131, abr.2007

VITAL, Abigail; GUERRA, Andreia. **A natureza da ciência no ensino de Física: estratégias didáticas elaboradas por professores egressos do mestrado profissional**, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.31, nº2, p.225-257, ago.2014

MOREIRA, Marco Antônio; MASSONI, Neusa Teresinha; OSTERMANN, Fernanda. **“História e epistemologia da física” na licenciatura em física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, p. 127-134, (2007)

SOUZA, Paulo Fernando Lima, et al. **Pensamento transdisciplinar: uma abordagem para compreensão do princípio da dualidade da luz**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 32, n. 2, 2402 (2010)

ROSA, Katemari Diogo da. **A inserção de história e filosofia da ciência na formação de professores de física: as experiências da UFBA e da UFRGS**, Salvador-BA, UFBA, 2006.198 f.

GATTI, Sandra Regina Teodoro. **Análise de uma ação didática centrada na utilização da história da Ciência**. Campinas, SP, UNICAMP, 2005. 312f

APÊNDICE H – ABORDAGENS HISTÓRICAS ACERCA DA NATUREZA DA LUZ E FENOMENOS LUMINOSOS DA ANTIGUIDADE CLÁSSICA GREGA À INÍCIO DA IDADE MÉDIA



**INSTITUTO FEDERAL
CEARÁ**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Fortaleza
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Ensino de Física

PLANO DE AULA

Identificação			
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará			
Professor-tutor		Professor pesquisador	
Mairton Cavalcante Romeu		Christian Gama Cavalcante	
Disciplina	Semestre	Carga Horária	Data
História da Física	VII	4 h/aula	1º/03/2016 e 07/03/2016
Assunto/Tema			
ABORDAGENS HISTÓRICAS ACERCA DA NATUREZA DA LUZ E FENOMENOS LUMINOSOS DA ANTIGUIDADE CLÁSSICA GREGA AO INÍCIO DA IDADE MÉDIA			

Plano
Objetivo Geral
Abordar as principais especulações filosóficas acerca da natureza da luz.
Objetivo Específico
• Discutir a relação entre fogo, visão e luz; • Conhecer descrições discretas e contínuas dentro das correntes filosóficas gregas; • Estudar as principais características do éter luminífero e o debate sobre sua (in)existência; • Apresentar as principais ideias sobre a luz na Idade Média, Renascimento e Idade Moderna; • Debater acerca dos fenômenos de reflexão e refração ao longo desse período.
Conteúdo Programático
• História da Óptica • Óptica Geométrica (raio luminoso: natureza e propagação) • Óptica Física (concepção ondulatória da luz na Idade Média e Idade Moderna)
Recursos
• Data show • Notebook • Quadro branco

• Pincel • Questionário ANTECIPAÇÃO		
Procedimento		
Introdução	Desenvolvimento	Conclusão
Apresentação das principais correntes filosóficas gregas e suas abordagens sobre a natureza da luz.	Abordagem dos estudos sobre os fenômenos de reflexão e refração em Alexandria e pelos Árabes. Discussão sobre o pensamento de Robert Grosseteste e Roger Bacon acerca da Luz.	Discussão sobre as principais ideias renascentistas acerca da natureza da luz e dos fenômenos luminosos com enfoque à Copérnico, Kepler, Galileu, Boyle, Gassendi, Descartes, Snell e Newton. Aplicação do Questionário Antecipação.
Avaliação		
O processo avaliativo ocorrerá mediante participação dos alunos nas atividades desenvolvidas.		
Referências Bibliográficas		
CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor., Física Moderna – Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos, Ed. Campus, Rio de Janeiro, 2006 BIEZUNSKI, Michel; GIL, Joaquim Nogueira. História da física moderna. Lisboa: Instituto Piaget, 1993. SALVETTI, Alfredo Roque. A história da luz, 2ª ed., LF Editorial. – São Paulo, 2008; NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica. 3ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, Vol. 3, 1999. MARTINS, Roberto de Andrade; SILVA Cibelle Celestino. As pesquisas de Newton sobre a luz: Uma visão histórica. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 4, 4202 (2015) MARTINS, Roberto de Andrade; SILVA, Ana Paula Bispo da. Princípios da óptica geométrica e suas exceções: Heron e a reflexão em espelhos. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, n. 1, 1605 (2013) SILVA, Fabio W.O. da. A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, p. 149-159, (2007) A física de Aristóteles: uma construção ingênua?. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 4, 4602 (2009) PORTO, C.M. O atomismo grego e a formação do pensamento físico moderno. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, n. 4, 4601 (2013)		

**APÊNDICE I – DEBATE ACERCA DA NATUREZA DA LUZ E FENOMENOS
LUMINOSOS PROBLEMATIZADOS A PARTIR DE CITAÇÕES DE FILÓSOFOS E
CIENTISTAS**



**INSTITUTO FEDERAL
CEARÁ**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Fortaleza
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Ensino de Física

PLANO DE AULA

Identificação			
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará			
Professor-tutor		Professor pesquisador	
Mairton Cavalcante Romeu		Christian Gama Cavalcante	
Disciplina	Semestre	Carga Horária	Data
História da Física	VII	2 h/aula	08/03/2016
Assunto/Tema			
DEBATE ACERCA DA NATUREZA DA LUZ E FENOMENOS LUMINOSOS PROBLEMATIZADOS A PARTIR DE CITAÇÕES DE FILÓSOFOS E CIENTISTAS			

Plano
Objetivo Geral
Debater alguns posicionamentos de filósofos e cientistas acerca da natureza da luz.
Objetivo Específico
• Contrastar visões antagônicas acerca da luz e suas principais características; • Questionar as justificativas que, em dado momento, validaram uma ou outra teoria científica acerca da natureza da luz e dos fenômenos de reflexão e refração; • Estudar as principais características do éter luminífero e o debate sobre sua (in)existência; • Apresentar as principais ideias sobre a luz na Idade Média, Renascimento e Idade Moderna.
Conteúdo Programático
• História da Óptica • Óptica Geométrica • Óptica Física
Recursos
• Data show • Notebook • Quadro branco • Pincel

Procedimento		
Introdução	Desenvolvimento	Conclusão
Apresentação inicial das regras do debate.	Apresentação de frases, posicionamentos filosóficos, críticas e demonstrações de cientistas. Uma a uma, as frases serão debatidas podendo ocorrer réplicas, tréplicas e, se possível, consenso.	Síntese do debate.
Avaliação		
O processo avaliativo ocorrerá mediante participação dos alunos nas atividades desenvolvidas.		
Referências Bibliográficas		
CARUSO, Francisco; OGURI, Vitor., Física Moderna – Origens Clássicas e Fundamentos Quânticos , Ed. Campus, Rio de Janeiro, 2006		
BIEZUNSKI, Michel; GIL, Joaquim Nogueira. História da física moderna . Lisboa: Instituto Piaget, 1993.		
SALVETTI, Alfredo Roque. A história da luz , 2ª ed., LF Editorial. – São Paulo, 2008;		
MARTINS, Roberto de Andrade; SILVA Cibelle Celestino. As pesquisas de Newton sobre a luz: Uma visão histórica . Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 4, 4202 (2015)		
MARTINS, Roberto de Andrade; SILVA, Ana Paula Bispo da. Princípios da óptica geométrica e suas exceções: Heron e a reflexão em espelhos . Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, n. 1, 1605 (2013)		
SILVA, Fabio W.O. da. A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos . Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, p. 149-159, (2007)		
A física de Aristóteles: uma construção ingênua? . Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 31, n. 4, 4602 (2009)		
PORTO, C.M. O atomismo grego e a formação do pensamento físico moderno . Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, n. 4, 4601 (2013)		
BASSALO, José Maria Filardo. A CRÔNICA DA ÓTICA CLÁSSICA . Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, 3(3): 138-159, dez. 1986		
<i>HARRES, João Batista Siqueira. Um teste para detectar Concepções Alternativas sobre tópicos introdutórios de Ótica Geométrica</i> . Caderno Catarinense do Ensino de Física., v.10,n.3: p.220-234, dez.1993.		

APÊNDICE J – DISCUSSÃO DA ÓPTICA NEWTONIANA PRÉ E PÓS *PRINCIPIA*.



**INSTITUTO FEDERAL
CEARÁ**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Fortaleza
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Ensino de Física

PLANO DE AULA

Identificação			
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará			
Professor-tutor		Professor pesquisador	
Mairton Cavalcante Romeu		Christian Gama Cavalcante	
Disciplina	Semestre	Carga Horária	Data
História da Física	VII	2 h/aula	14/03/2016
Assunto/Tema			
DISCUSSÃO DA ÓPTICA NEWTONIANA PRÉ E PÓS <i>Principia</i> .			

Plano		
Objetivo Geral		
Apresentar a perspectiva newtoniana sobre a Óptica.		
Objetivo Específico		
• Discutir os primeiros registros de Newton a respeito da sua teoria da luz; • Apresentar algumas das <i>Quaestiones quaedam philosophicae</i>; • Evidenciar as relações entre as obras <i>Principia</i> e <i>Óptica</i>.		
Conteúdo Programático		
• História da Óptica • Óptica Geométrica • Óptica Física		
Recursos		
• Data show • Notebook • Quadro branco • Pincel		
Procedimento		
Introdução	Desenvolvimento	Conclusão
Apresentar as principais influências de Boyle, Gassendi e Descartes às ideias de Newton. Debate de pontos da carta Hipótese da Luz.	Discussão das <i>Quaestiones quaedam philosophicae</i> relacionadas a luz.	Relatar as implicações do <i>Principia</i> para o <i>Óptika</i> .

Avaliação		
O processo avaliativo ocorrerá mediante participação dos alunos nas atividades desenvolvidas.		
Referências Bibliográficas		
BIEZUNSKI, Michel; GIL, Joaquim Nogueira. História da física moderna . Lisboa: Instituto Piaget, 1993.		
SALVETTI, Alfredo Roque. A história da luz , 2ª ed., LF Editorial. – São Paulo, 2008;		
MARTINS, Roberto de Andrade; SILVA Cibelle Celestino. As pesquisas de Newton sobre a luz: Uma visão histórica . Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 4, 4202 (2015)		
SILVA, Fabio W.O. da. A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos . Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, p. 149-159, (2007)		
PORTO, C.M. O atomismo grego e a formação do pensamento físico moderno . Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, n. 4, 4601 (2013)		
BASSALO, José Maria Filardo. A CRÔNICA DA ÓTICA CLÁSSICA . Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, 3(3): 138-159, dez. 1986		
COHEN, Bernard e WESTFALL, Richard S. NEWTON: textos, antecedentes e comentários . Tradução Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto: EDUERJ. 2002. 524p		

APÊNDICE K – REVISÃO/RESUMO DA ÓPTICA – ÓPTICAS GEOMÉTRICA E FÍSICA E DESCRIÇÃO ELETROMAGNÉTICA DA LUZ



**INSTITUTO FEDERAL
CEARÁ**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Fortaleza
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Ensino de Física

PLANO DE AULA

Identificação			
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará			
Professor-tutor		Professor pesquisador	
Mairton Cavalcante Romeu		Christian Gama Cavalcante	
Disciplina	Semestre	Carga Horária	Data
História da Física	VII	2 h/aula	15/03/2016
Assunto/Tema			
REVISÃO/RESUMO DA ÓPTICA – ÓPTICAS GEOMÉTRICA E FÍSICA E DESCRIÇÃO ELETROMAGNÉTICA DA LUZ			

Plano		
Objetivo Geral		
Revisar as descrições corpuscular, ondulatória e eletromagnética da luz.		
Objetivo Específico		
• Discutir a síntese corpuscular de Newton; • Discutir a síntese ondulatória de Huygens; • Discutir a descrição eletromagnética da luz.		
Conteúdo Programático		
• História da Óptica; • Óptica Geométrica; • Óptica Física; • Eletromagnetismo.		
Recursos		
• Data show • Notebook • Quadro branco • Pincel		
Procedimento		
Introdução	Desenvolvimento	Conclusão
Revisão de como os fenômenos de reflexão, refração e difração são abordados por Newton.	Revisão de como os fenômenos de reflexão, refração, difração e interferência são	Abordagem da descrição elétrica da luz. Aplicação do Questionário INVESTIMENTO.

	abordados por Huygens.	
Avaliação		
O processo avaliativo ocorrerá mediante participação dos alunos nas atividades desenvolvidas.		
Referências Bibliográficas		
BIEZUNSKI, Michel; GIL, Joaquim Nogueira. História da física moderna . Lisboa: Instituto Piaget, 1993.		
SALVETTI, Alfredo Roque. A história da luz , 2ª ed., LF Editorial. – São Paulo, 2008;		
MARTINS, Roberto de Andrade; SILVA Cibelle Celestino. As pesquisas de Newton sobre a luz: Uma visão histórica . Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 4, 4202 (2015)		
SILVA, Fabio W.O. da. A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos . Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, p. 149-159, (2007)		
PORTO, C.M. O atomismo grego e a formação do pensamento físico moderno . Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 35, n. 4, 4601 (2013)		
BASSALO, José Maria Filardo. A CRÔNICA DA ÓTICA CLÁSSICA . Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, 3(3): 138-159, dez. 1986		
COHEN, Bernard e WESTFALL, Richard S. NEWTON: textos, antecedentes e comentários . Tradução Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto: EDUERJ. 2002. 524p		
NUSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica . 3ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, Vol. 3, 1999.		
CHAVES, Alaor. Física Básica: Eletromagnetismo / Alaor Chaves. Rio de Janeiro:LTC, 2007. II		
_____. Física: Ondas, Relatividade e Física Quântica, vol.3, 2001		

APÊNDICE L – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO EXPERIMENTO - REFRAÇÃO EM LÂMINAS DELGADAS



**INSTITUTO FEDERAL
CEARÁ**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Fortaleza
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Ensino de Física

PLANO DE AULA

Identificação			
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará			
Professor-tutor		Professor pesquisador	
Mairton Cavalcante Romeu		Christian Gama Cavalcante	
Disciplina	Semestre	Carga Horária	Data
História da Física	VII	2 h/aula	21/03/2016
Assunto/Tema			
FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA DO EXPERIMENTO - REFRAÇÃO EM LÂMINAS DELGADAS			

Plano		
Objetivo Geral		
Abordar a refração em seus termos físico, matemático, experimental.		
Objetivo Específico		
• Abordar matematicamente a refração em termos de Snell e Fermat; • Realizar um experimento que resuma esse conhecimento.		
Conteúdo Programático		
• História da Óptica; • Óptica Geométrica; • Óptica Física;		
Recursos		
• Data show • Notebook • Quadro branco • Pincel		
Procedimento		
Introdução	Desenvolvimento	Conclusão
Fundamentação teórica acerca da refração e do procedimento experimental que será realizado.	Apresentação dos equipamentos utilizados. Realização do experimento mediante roteiro e discussão dessa limitação.	Cálculo, análise e discussão dos resultados do experimento.

Avaliação		
O processo avaliativo ocorrerá mediante participação dos alunos nas atividades desenvolvidas.		
Referências Bibliográficas		
SALVETTI, Alfredo Roque. A história da luz , 2ª ed., LF Editorial. – São Paulo, 2008;		
MARTINS, Roberto de Andrade; SILVA Cibelle Celestino. As pesquisas de Newton sobre a luz: Uma visão histórica . Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 4, 4202 (2015)		
SILVA, Fabio W.O. da. A evolução da teoria ondulatória da luz e os livros didáticos . Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, p. 149-159, (2007)		
BASSALO, José Maria Filardo. A CRÔNICA DA ÓTICA CLÁSSICA . Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, 3(3): 138-159, dez. 1986		
COHEN, Bernard e WESTFALL, Richard S. NEWTON: textos, antecedentes e comentários . Tradução Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto: EDUERJ. 2002. 524p		
NUSSENZVEIG, H. M. Curso de Física Básica . 3ª ed. São Paulo: Edgard Blücher, Vol. 3, 1999.		
CHAVES, Alaor. Física Básica: Eletromagnetismo / Alaor Chaves. Rio de Janeiro:LTC, 2007. II		
_____. Física: Ondas, Relatividade e Física Quântica, vol.3, 2001		

APÊNDICE M – DISCUSSÃO DE MODELOS DE REFRAÇÃO



**INSTITUTO FEDERAL
CEARÁ**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Fortaleza
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Ensino de Física

PLANO DE AULA

Identificação			
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará			
Professor-tutor		Professor pesquisador	
Mairton Cavalcante Romeu		Christian Gama Cavalcante	
Disciplina	Semestre	Carga Horária	Data
História da Física	VII	2 h/aula	22/03/2016
Assunto/Tema			
DISCUSSÃO DE MODELOS DE REFRAÇÃO			

Plano		
Objetivo Geral		
Abordar a refração em seus termos físico, matemático, histórico, filosófico.		
Objetivo Específico		
• Constrastar os resultados do experimento realizado com as ideias de Ptolomeu, Snell e Newton a respeito da refração; • Aplicar o questionário da CONFIRMAÇÃO.		
Conteúdo Programático		
• História da Óptica; • Óptica Geométrica; • Óptica Física;		
Recursos		
• Data show • Notebook • Quadro branco • Pincel		
Procedimento		
Introdução	Desenvolvimento	Conclusão
Comparar as abordagens de Ptolomeu e Snell acerca do fenômeno da refração	Discutir as dificuldades de Newton para com o fenômeno da refração.	Aplicação do Questionário (DES)CONFIRMAÇÃO .
Avaliação		
O processo avaliativo ocorrerá mediante participação dos alunos nas atividades desenvolvidas.		

Referências Bibliográficas

SALVETTI, Alfredo Roque. **A história da luz**, 2ª ed., LF Editorial. – São Paulo, 2008;

MARTINS, Roberto de Andrade; SILVA Cibelle Celestino. **As pesquisas de Newton sobre a luz: Uma visão histórica**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 37, n. 4, 4202 (2015)

BASSALO, José Maria Filardo. **A CRÔNICA DA ÓTICA CLÁSSICA**. Caderno Catarinense de Ensino de Física. Florianópolis, 3(3): 138-159, dez. 1986

COHEN, Bernard e WESTFALL, Richard S. **NEWTON: textos, antecedentes e comentários**. Tradução Vera Ribeiro. Rio de Janeiro: Contraponto: EDUERJ. 2002. 524p

APÊNDICE N – REVISÃO DO CURSO E DISCUSSÕES



**INSTITUTO FEDERAL
CEARÁ**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Fortaleza
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Ensino de Física

PLANO DE AULA

Identificação			
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará			
Professor-tutor		Professor pesquisador	
Mairton Cavalcante Romeu		Christian Gama Cavalcante	
Disciplina	Semestre	Carga Horária	Data
História da Física	VII	2 h/aula	28/03/2016
Assunto/Tema			
REVISÃO DO CURSO			

Plano		
Objetivo Geral		
Revisar as etapas dos CEK.		
Objetivo Específico		
- Favorecer as sucessivas reconstruções do sistema de construtos pessoais do sujeito acerca da Óptica; - Familiarizar o sujeito com um método de ensino que adota a HFC no ensino de Física		
Conteúdo Programático		
- História da Óptica; - Óptica Geométrica; - Óptica Física; - Ensino de Física		
Recursos		
- Data show - Notebook - Quadro branco - Pincel		
Procedimento		
Introdução	Desenvolvimento	Conclusão
Revisão do CEK.	Discussão sobre as implicações do CEK para o Ensino de Física.	Reaplicação do Questionário Antecipação.

Avaliação		
O processo avaliativo ocorrerá mediante participação dos alunos nas atividades desenvolvidas.		
Referências Bibliográficas		
MARTINS, André Ferrer P. História e Filosofia da Ciência no Ensino: Há muitas pedras nesse caminho, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.24, nº1, p.112-131, abr.2007 VITAL, Abigail; GUERRA, Andreia. A natureza da ciência no ensino de Física: estratégias didáticas elaboradas por professores egressos do mestrado profissional, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.31, nº2, p.225-257, ago.2014 MOREIRA, Marco Antônio; MASSONI, Neusa Teresinha; OSTERMANN, Fernanda. “História e epistemologia da física” na licenciatura em física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, p. 127-134, (2007) ROSA, Katemari Diogo da. A inserção de história e filosofia da ciência na formação de professores de física: as experiências da UFBA e da UFRGS, Salvador-BA, UFBA, 2006.198 f. GATTI, Sandra Regina Teodoro. Análise de uma ação didática centrada na utilização da história da Ciência. Campinas, SP, UNICAMP, 2005. 312f		

APÊNDICE O – AULA ENCERRAMENTO - AS IMPLICAÇÕES DA HFC PARA O ENSINO



**INSTITUTO FEDERAL
CEARÁ**

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará – Campus Fortaleza
Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática
Ensino de Física

PLANO DE AULA

Identificação			
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Ceará			
Professor-tutor		Professor pesquisador	
Mairton Cavalcante Romeu		Christian Gama Cavalcante	
Disciplina	Semestre	Carga Horária	Data
História da Física	VII	2 h/aula	29/03/2016
Assunto/Tema			
AULA ENCERRAMENTO - AS IMPLICAÇÕES DA HFC PARA O ENSINO DE FÍSICA			

Plano		
Objetivo Geral		
Discutir as vantagens e as limitações da utilização do CEK e da HFC para o Ensino de Física.		
Objetivo Específico		
Promover o debate acerca de metodologias inovadoras para o Ensino de Física.		
Conteúdo Programático		
Ensino de Física.		
Recursos		
- Data show - Notebook - Quadro branco - Pincel		
Procedimento		
Introdução	Desenvolvimento	Conclusão
Debate sobre metodologias de ensino e curso de licenciatura em Física.	Discussão sobre o CEK e a HFC.	Aplicação do questionário VOSE.
Avaliação		
O processo avaliativo ocorrerá mediante participação dos alunos nas atividades desenvolvidas.		

Referências Bibliográficas

MARTINS, André Ferrer P. **História e Filosofia da Ciência no Ensino: Há muitas pedras nesse caminho**, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.24, nº1, p.112-131, abr.2007

VITAL, Abigail; GUERRA, Andreia. **A natureza da ciência no ensino de Física: estratégias didáticas elaboradas por professores egressos do mestrado profissional**, Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v.31, nº2, p.225-257, ago.2014

MOREIRA, Marco Antônio; MASSONI, Neusa Teresinha; OSTERMANN, Fernanda. **“História e epistemologia da física” na licenciatura em física: uma disciplina que busca mudar concepções dos alunos sobre a natureza da ciência**. Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 1, p. 127-134, (2007)

ROSA, Katemari Diogo da. **A inserção de história e filosofia da ciência na formação de professores de física: as experiências da UFBA e da UFRGS**, Salvador-BA, UFBA, 2006.198 f.

GATTI, Sandra Regina Teodoro. **Análise de uma ação didática centrada na utilização da história da Ciência**. Campinas, SP, UNICAMP, 2005. 312f

APÊNDICE P – TERMO DE CONSENTIMENTO DE LIVRE E ESCLARECIDO

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENSINO DE CIÊNCIAS E MATEMÁTICA
ENSINO DE FÍSICA

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

Convidamos o (a) Sr (a) para participar da Pesquisa **CONCEPÇÕES ALTERNATIVAS SOBRE NATUREZA DA CIÊNCIA SOBRE NATUREZA DA CIÊNCIA NO CONTEXTO DA FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA DO IFCE**, sob a responsabilidade do pesquisador **CHRISTIAN GAMA CAVALCANTE**, a qual pretende analisar as concepções alternativas dos discentes da Licenciatura em Física sobre Natureza da Ciência a partir de uma sequência didática que utiliza a História e Filosofia da Ciências (HFC) enquanto estratégia didático-metodológica para o ensino de Óptica. Sua participação é voluntária e se dará por meio de um curso de 32 horas sobre História da Óptica sob a condição de participar do curso de forma dialógica e responder questionários acerca da temática abordada através do Ciclo de Experiência de Kelly. Se você aceitar participar, estará contribuindo para esclarecer e discutir metodologias viáveis em que a HFC faça a mediação do conhecimento físico sistematizado. Se depois de consentir em sua participação o Sr (a) desistir de continuar participando, tem o direito e a liberdade de retirar seu consentimento em qualquer fase da pesquisa, seja antes ou depois da coleta dos dados, independente do motivo e sem nenhum prejuízo a sua pessoa. O (a) Sr (a) não terá nenhuma despesa e também não receberá nenhuma remuneração. Os resultados da pesquisa serão analisados e publicados, mas sua identidade não será divulgada, sendo guardada em sigilo. Para qualquer outra informação, o (a) Sr (a) poderá entrar em contato com o pesquisador no endereço eletrônico gamachristian@gmail.com ou pelo telefone (85) 992051007.

Consentimento Pós-Informação

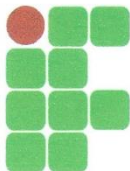
Eu, _____, fui informado sobre o que o pesquisador quer fazer e porque precisa da minha colaboração, e entendi a explicação. Por isso, eu concordo em participar do projeto, sabendo que não vou ganhar nada e que posso sair quando quiser. Este documento é emitido em duas vias que serão ambas assinadas por mim e pelo pesquisador, ficando uma via com cada um de nós.

Assinatura do Colaborador

Assinatura do Pesquisador

Data: ____/____/____

**ANEXO A – PERMISSÃO DE USO DO ROTEIRO EXPERIMENTO “LENTES
DELGADAS” DO LABORATÓRIO DE FÍSICA DO IFCE**



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO CEARÁ
DEPARTAMENTO DE ENSINO MÉDIO E LICENCIATURAS - DEMEL
CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA
LABORATÓRIO DE FÍSICA EXPERIMENTAL**

Campus Fortaleza

AUTORIZAÇÃO

Eu prof. José Airton da Silva coordenador do Laboratório de Física do IFCE, campus Fortaleza, autorizo aos professores **Mairton Cavalcante Romeu** e **Christian Gama Cavalcante** a utilização do roteiro de laboratório: Refração em lentes Delgadas, na pesquisa de mestrado **Concepções Alternativas sobre Natureza da Ciência** no contexto da formação inicial de professores de Física do IFCE.

Fortaleza, 12 de Maio de 2017

A handwritten signature in blue ink, which appears to read "Jose Airton da Silva", is positioned above the printed name of the coordinator.

Prof. Me. Jose Airton da Silva

Coordenador Lab. Física