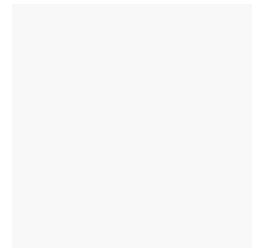


**Wilson Gomes da Silva Junior**



**CONSTRUÇÃO EPISTEMOLÓGICA DA CONCEPÇÃO DE LUZ POR DOCENTES DO  
ENSINO MÉDIO**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Ensino das Ciências da Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação da Universidade Federal Rural de Pernambuco como requisito para a obtenção do grau de mestre em Ensino das Ciências.

**Orientador: prof. Dr. Alexandro Cardoso Tenório.**

Recife  
2011

**CONSTRUÇÃO EPISTEMOLÓGICA DA CONCEPÇÃO DE LUZ POR DOCENTES DO  
ENSINO MÉDIO**

**WILSON GOMES DA SILVA JUNIOR**

Banca examinadora composta pelos seguintes professores:

---

Prof. Dr. Orientador: Alexandro Cardoso Tenório, UFRPE - Presidente

---

Prof. Dr<sup>a</sup>. – Edênia Maria Ribeiro do Amaral, UFRPE

---

Prof. Dr. – Romildo Albuquerque Nogueira, UFRPE

---

Prof. Dr. Antônio Carlos Silva Miranda, UNICAP

Dissertação defendida e aprovada no dia 23 de Fevereiro de 2011, no Departamento de Educação da Universidade Federal Rural de Pernambuco.

## DEDICATÓRIA

A mano ou mana. Foi pensando neles que comecei a projetar este objetivo.

## AGRADECIMENTOS

Primeiro a Deus, que me deu a chance de voltar a este mundo.

Depois a meu pai e às minhas duas mães, instrumentos desta oportunidade.

À minha esposa, razão para que eu realize meus projetos.

Ao meu irmão, pois é para ele que me esforço para dar exemplos

À MB e a “cocha” do CC Nelson, porque senão nunca teria iniciado o mestrado.

A minha amiga Gizella, que deu as primeiras orientações para o trabalho.

Aos professores que participaram como sujeitos, ativos colaboradores, desta pesquisa.

E em especial ao professor Alexandro Tenório, que acreditou nas minhas idéias.

*Como se me apresentaria o mundo  
se eu pudesse viajar em um raio de  
luz?*

*Albert Einstein*

## RESUMO

Com o intuito de refletir sobre a forma de conceber a Luz, este trabalho diagnosticou o perfil epistemológico da concepção de Luz de dois professores que ministram aulas de Física no ensino médio. Para tanto, se recorre aqui, primeiro a George Kelly, que formulou a teoria dos construtos pessoais (TCP). Em seguida, foi feita a discussão das concepções ou a forma como pensam os cientistas sobre a ciência e sua maneira de compreendê-la. Esta análise filosófica foi sugerida por Bachelard e, nesta pesquisa, foi adaptada para quatro classes: animista, realista, empírico-racionalista e ultra-racionalista. A metodologia empregada começou com uma investigação exploratória com três professores. Tal método buscou identificar os docentes que seriam nomeados sujeitos da pesquisa e, após a identificação de dois sujeitos, a dissertação seguiu para a fase analítico-descritiva, na qual os professores foram incentivados a evocar elementos que os ajudassem a pensar na natureza da Luz. Os elementos evocados foram dispostos na matriz do repertório (MR) e foram qualificados pelo grau de semelhança entre si, o que proporcionou a interpretação das concepções dos professores investigados e a consequente composição do perfil epistemológico dos sujeitos investigados sobre a natureza da Luz.

**Palavras-chave:** Professores de ensino médio. Perfil epistemológico. George Kelly Teste do repertório. Luz.

## ABSTRACT

In order to reflect on the conception of the light shape, this work diagnosed the epistemological profile of the design of light of two high school physics teachers. It is based on George Kelly's theory of personal constructs. Then there was a discussion of ideas on how scientists conceive science. Such philosophical analysis was suggested by Bachelard, and this research was adapted for four classes: animist, realistic, empirical-rationalist and ultra-rationalist. The applied methodology began with an exploratory research with three teachers. This method sought to identify the teachers who would be appointed research subjects and, after the identification of two subjects, it went on to its descriptive and analytical stage, in which teachers were encouraged to evoke elements that would help them think about the nature of Light. The evoked elements were arranged in the matrix register (MR) and then qualified by the degree of similarity between them, which influenced the investigated teachers' interpretation of the conceptions. Finally, the research may conclude that the epistemological profile of research subjects about the nature of light is a set of concepts.

Keywords: Middle School Teachers. Epistemological profile. George Kelly. Test repertoire. Light.

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1	Percentual de dissertações comparando os sujeitos pesquisados..	17
Gráfico 2	Diferença entre o tempo de formação e atuação.....	54
Gráfico 3	Semelhança de $E_1$ com os demais elementos.....	65
Gráfico 4	Semelhança de $E_2$ com os demais elementos.....	66
Gráfico 5	Semelhança de $E_3$ com os demais elementos.....	66
Gráfico 6	Semelhança de $E_4$ com os demais elementos.....	69
Gráfico 7	Semelhança de $E_5$ com os demais elementos.....	70
Gráfico 8	Semelhança de $E_7$ com os demais elementos.....	73
Gráfico 9	Semelhança de $E_8$ com os demais elementos.....	74
Gráfico 10	Semelhança de $E_{10}$ com os demais elementos.....	75
Gráfico 11	Semelhança de $E_3$ e $E_5$ com os demais elementos.....	77
Gráfico 12	Semelhança de $E_1$ com os demais elementos.....	81
Gráfico 13	Semelhança de $E_8$ com os demais elementos.....	83



## LISTA DE DIAGRAMAS

Diagrama 1	Sequencia epistemológica entre: conceitos, construtos e concepções.....	37
Diagrama 2	Pirâmide metodológica.....	44
Diagrama 3	Tríades de elementos e dos construtos – professor B.....	57
Diagrama 4	Tríades de elementos e dos construtos – professor C.....	60
Diagrama 5	Concepção ultra-racional – professor B.....	68
Diagrama 6	Concepção empírico-racional – professor B.....	72
Diagrama 7	Concepção ultra-racional – professor C.....	80
Diagrama 8	Concepção empirico-racional – professor C.....	82
Diagrama 9	Concepção animista – professor C.....	84
Diagrama 10	Composição do perfil epistemológico do professor B.....	86
Diagrama 11	Composição do perfil epistemológico do professor C.....	87

## LISTA DE MATRIZES

Matriz 1	Exemplo de uma matriz do repertório.....	41
Matriz 2	Formando o primeiro construto do professor B.....	55
Matriz 3	Matriz dos elementos que formam as tríades - professor B.....	56
Matriz 4	Matriz do repertório - professor B.....	58
Matriz 5	Matriz do repertório do professor C.....	61

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1	Comparação entre as concepções propostas por Bachelard, Pinto e Zanetic e as desenvolvidas nesta pesquisa.....	22
Quadro 2	Extrato das concepções para cada maneira de entender a Luz com seu respectivo espírito filosófico.....	31
Quadro 3	Percentual de semelhança entre os elementos.....	49
Quadro 4	Posição de semelhança.....	51
Quadro 5	Resumo do processo metodológico.....	52
Quadro 6	Tipo de graduação dos docentes investigados.....	53
Quadro 7	Classificação dos elementos em relação aos construtos.....	58
Quadro 8:	Valores de semelhança para os pares de elementos do professor C...	63
Quadro 9	Valores de semelhança para os pares de elementos do professor B...	64

## SUMÁRIO

Dedicatória

Agradecimentos

Epígrafe

Resumo

Abstract

Lista de gráficos

Lista de diagramas

Lista de matrizes

Lista de quadros

Sumário

**INTRODUÇÃO..... 14**

**FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA..... 20**

1.1 Uma filosofia para a ciência..... 20

1.2 Luz: A epistemologia de um conceito..... 25

1.3 Teoria dos Construtos Pessoais (TCP)..... 32

1.4 Conceitos, construtos e concepções..... 35

1.5 O teste do Repertório..... 40

<b>METODOLOGIA.....</b>	<b>43</b>
2.1 Procedimentos metodológicos.....	43
2.2 Pesquisa exploratória.....	45
2.3 Primeiro andar da pirâmide metodológica.....	48
2.4 Calculando o grau de semelhança entre os elementos.....	48
<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>53</b>
3.1 Resultado da pesquisa exploratória.....	53
3.2 Construção da matriz do repertório do professor B.....	55
3.3 Construção da matriz do repertório do professor C.....	59
3.4 Resultado do grau de semelhança entre os elementos.....	62
3.5. Conceção ultra-racional - professor B.....	65
3.6 Conceção empirico-racional - professor B.....	69
3.7 Conceção realista - professor B.....	73
3.8 Conceção ultra-racional - professor C.....	77
3.9 Conceção empirico-racional - professor C.....	81
3.10 Conceção animista professor C.....	83
3.11 Traçando o perfil epistemológico dos professores.....	85
<b>CONCLUSÃO.....</b>	<b>88</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>92</b>
Apêndice - A.....	101
Apêndice - B.....	103
Apêndice - C.....	105
Apêndice - D.....	107
Apêndice - E.....	108

## INTRODUÇÃO

No ensino de ciências tanto no nível médio como no superior tem-se encontrado dificuldades em acompanhar os avanços da própria ciência e os desafios de ensiná-la. Dentre os diversos problemas associados ao ensino de Física, destacam-se aqueles relativos às concepções empíricas cujos significados atribuídos pelos sujeitos, muitas vezes se rivalizam com os diversos conceitos científicos. Apesar destas observações já terem sido feitas por Santos (2005) há algum tempo, o discurso ainda é atual, afinal o desafio que se coloca para a educação hoje está na expectativa de que o ensino promova não apenas um sujeito adaptado à sociedade contemporânea, cada vez mais globalizada, tanto econômica, quanto cultural e cientificamente, mas sobretudo que os membros desta se posicionem em uma perspectiva de intervenção e transformação da realidade, conforme advertia Freire (1996).

Para a construção de tal sociedade levanta-se a hipótese de que ela só será erguida sobre os ombros da educação, através da qual o aprendizado tem se voltado para o significado dos conhecimentos científicos em detrimento da forma com que foram fomentados (SILVA E MOURA, 2008). Embora sejam grandes as dificuldades em abordar a natureza da ciência em sala de aula, há um entendimento quase que geral da necessidade e importância de incorporar nos currículos noções de como ocorre a construção do conhecimento científico.

Conhecer a história do desenvolvimento e do processo de aceitação de teorias científicas pode auxiliar docentes e discentes a compreenderem e utilizarem os conhecimentos científicos para o devir de uma educação planetária que possa contribuir na melhora da sociedade para a promoção de seus cidadãos (MORIN, 2003).

Apesar das objeções e dificuldades de levar aos alunos a discussão sobre o processo de construção do conhecimento científico é cada vez mais necessário e importante que os aprendizes, em qualquer nível de ensino, tenham contato com as disciplinas científicas, em particular a Física, e aprendam ciência (TERRAZAN, 1992).

Nessa perspectiva, a ciência pode-se tornar aliada da cidadania. Por que certamente uma sociedade cientificamente alfabetizada tem potencial para tornar seus membros cidadãos e assim tornarem-se capazes da realização de análises críticas que interfiram em aspectos sociais, ecológicos, éticos, políticos, enfim, globais.

Desta forma poderemos ter melhores condições para introduzir conteúdos científicos em projetos de ensino. Pois eles despertariam o interesse dos alunos pela carreira científica, por trazer para a sala de aula a ciência dos aparatos tecnológicos do quais os alunos e toda a sociedade faz uso no cotidiano.

Pesquisas mostram que não basta tornar a ciência atraente para superar os problemas relativos ao seu ensino. As dificuldades no ensino começam na demanda fornecida anualmente pelas universidades de todo o País. Segundo estimativa do MEC/INEP, do censo de 2003, 14247 licenciados em Física sairão das universidades entre 2002 e 2010 em comparação Língua Portuguesa, no mesmo período, formará 221981 licenciados (GOBARA e GARCIA, 2007). Quer dizer, 1558% mais licenciados em língua portuguesa do que em Física.

Por isso, entende-se que para alcançar um ensino de ciências significativo é preciso enfrentar a carência numérica de professores no ensino médio, mas não pode se reduzir apenas a esse fator. E é exatamente o que aponta a investigação de Ricardo e Freire (2007) quando sinalizam para o fato de que os alunos não simpatizam ou mesmo não gostam de aulas de Física. Embora esta disciplina conte com o reconhecimento de sua importância pelos próprios discentes! Para estes alunos não faltam professores, mas, ao que parece, as aulas de Física não são motivantes para o aprendizado em Ciências.

Temáticas relativas a assuntos contemporâneos de Física tende a induzir um crescente interesse dos alunos. Afinal, são assuntos que costumam aproximar a sala de aula do cotidiano aos quais os estudantes pertencem: mundo dos celulares, dos computadores etc. Mas, para tal fim, é sem dúvida necessária uma atualização ou mesmo, como sugere Pena e Filho (2008) uma ampla reformulação curricular.

Por exemplo, quando o tópico a ser estudado é a natureza da Luz, ministram-se poucas aulas deste conteúdo, principalmente por ser uma temática pouco preferida pelos professores em seu planejamento. Normalmente, quando a Luz é considerada no plano do docente, com maior frequência o enfoque das aulas se volta para resolução de problemas, pautadas no formalismo matemático ou então na fenomenologia, advinda de características empíricas da Luz. Na primeira abordagem, o aluno costuma ter contato com os conceitos associados à natureza ondulatória da luz: comprimento, velocidade e frequência de uma onda. Na segunda estratégia, o aluno passa a ser apresentado aos fenômenos como interferência, difração, refração, polarização e reflexão.

A compreensão e a vivência no âmbito escolar dos estudantes sobre a natureza da Luz, o aprimoramento do seu ensino em nível universitário e sua incorporação no ensino médio têm se mostrado freqüente em temas atuais nas pesquisas em ensino de ciências. Diversos artigos de suma importância, trabalhos que despontam, por exemplo, na Universidade de São Paulo (USP) onde Carvalho (2005); Gircoreano e Pacca (2001) publicaram projetos de aulas pautados em: discussões que procuram se basear inicialmente nas concepções espontâneas dos alunos sobre a Luz e a visão. Aspecto que contribui, sobretudo, no tocante ao planejamento de atividades de ensino-aprendizagem.

Apesar de avanços, a busca pelo entendimento sobre a natureza da Luz ainda é um dos maiores desafios da pesquisa em ensino de Física da atualidade, e sua aprendizagem, tem sido uma das mais árduas missões dos docentes. Por isso, cresce o número de pesquisadores que vem se dedicando a publicar trabalhos que: visam investigar a concepção de alunos em relação ao conceito de Luz. Mas, poucos projetos de exploração científica têm a preocupação de pesquisar como os conceitos são entendidos pelos próprios mediadores do ensino.

A tendência de priorizar como sujeitos de investigação os alunos vem se verificando nos maiores centros acadêmicos. Na Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), por exemplo, os esforços se voltam para investigar como os alunos constroem



seus conceitos da natureza da Luz e como os professores podem usar esse fato para melhorar seu ensino (OLIVEIRA, VIANNA E GERBASSI, 2007). Aliás, essa é uma tendência geral das pesquisas em ensino de ciências.

O gráfico traz na ordenada o percentual de pesquisas publicadas nos sites de três universidades do país que ministram o curso de Mestrado em Ensino das ciências e na abscissa os respectivos sujeitos das pesquisas.

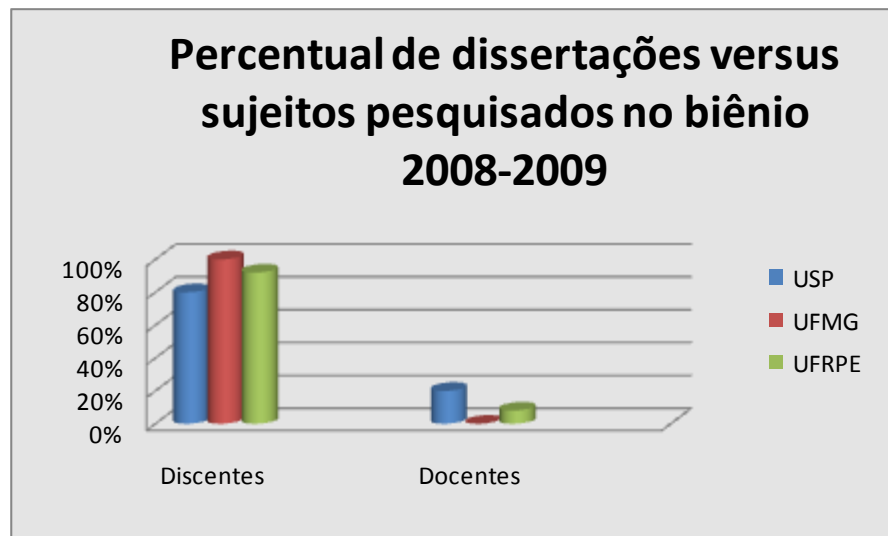


Gráfico 1: percentual de dissertações comparando os sujeitos pesquisados.

Chama a atenção o fato de que as pesquisas sobre as formas como os professores percebem e conceituam os fenômenos da ciência aparecem em número bem menor de trabalhos publicados do que os que focam nos discentes. Em 2008 e 2009 a Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG) não registrou nenhuma dissertação no programa de mestrado Pós Graduação em Ensino das Ciências (PPGEC) cujo foco seja o professor. Na Universidade Federal Rural de Pernambuco que, assim como a UFMG publicou, em dois anos, aproximadamente 50 dissertações no mesmo programa de pós-graduação apenas 8% teve o foco de estudo no docente. Tendência verificada também na Universidade de São Paulo, pois 10 das 50 dissertações do PPGEC desta instituição apontavam o professor como sujeito da investigação.

Apesar de preteridos os trabalhos cujo sujeito investigado é o professor tem sido tema de interesse para alguns pesquisadores dos programas de pesquisa citados, por exemplo: Barros e Bastos (2007) pesquisadores da UFRPE e da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB), respectivamente, elaboraram, baseados na obra de George Kelly, um projeto que tinha como finalidade interpretar e analisar a compreensão dos docentes sobre o conceito de difração de elétrons. Em Silva Junior (2006), investigou-se uma turma de ensino médio para, levantar o perfil epistemológico da Luz de um grupo de 23 alunos. No trabalho, foi feita uma reflexão sobre o uso do perfil epistemológico como forma de orientar o professor sobre as possíveis dificuldades de aprendizagem dos alunos. Os perfis epistemológicos obtidos para a natureza da Luz apresentaram algumas concepções, classificados de: animista, realista, racionalista e ultra-racionalista.

A análise desses perfis permitiu identificar possíveis dificuldades no processo de ensino-aprendizagem sobre a natureza da Luz e pôde na oportunidade acenar para o fato de que as discrepâncias como as que se apresentaram no tocante ao aprendizado dos discentes, perpassam pelas dificuldades que os professores têm enfrentado para a compreensão do conceito de Luz.

Assim, neste panorama, a presente dissertação levanta a seguinte problemática:

***Qual a concepção do professor de Física a respeito da natureza da Luz?***

Para investigar tal problema usar-se-á nesta investigação o suporte da teoria dos construtos pessoais de George Kelly (1963) ou mais especificamente o que foi nomeado de Matriz do repertório (rep-teste) – com este aparte da Teoria de Kelly é possível levantar as concepções sobre a natureza da Luz. Para identificar tais concepções epistemológicas recorre-se a Bachelard (1972). Importante, pois com o perfil traçado é possível perceber que as diversas maneiras de entender a Luz margeiam as diversas interpretações de ciência que tem os professores e que estes perfis apontam para variadas formas com que os professores ensinam ciências e suas tecnologias.

Estruturar tal construção de conhecimento será tarefa, como dito acima, ancorada no rep-teste de Kelly através do qual se inferirá sobre as concepções filosóficas para a Luz classificando-as como: Animista, Realista, Empírico-racionalista e Ultra-racionalista.

Assim, imbuídos desse espírito o objetivo geral do trabalho será:

***Diagnosticar o perfil epistemológico da concepção de Luz de professores de Física do ensino médio.***

E os objetivos específicos são:

- Identificar, através dos construtos de Kelly, concepções da natureza da Luz.
- Investigar o processo de formação das concepções de Luz, baseadas nos construtos de Kelly.

Para tanto a presente dissertação é composta por quatro capítulos. No primeiro, apresenta-se a fundamentação teórica da pesquisa, na qual é feita uma aproximação das concepções da Luz, ao longo da história da ciência, com as concepções epistemológicas propostas por Bachelard e a análise da teoria dos construtos pessoais de Kelly onde será feita a identificação dos construtos sobre a natureza da Luz. No segundo capítulo, apresentam-se os sujeitos engajados na pesquisa, assim como as etapas da metodologia. No terceiro é o momento de apresentar os resultados da investigação para que sejam feitas as discussões sobre o resultado da pesquisa e no último capítulo é a hora de tirar algumas conclusões e discutir alguns desdobramentos sobre o processo de construção do perfil epistemológico da natureza da Luz.

# CAPÍTULO 1

## FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Diante do que já foi exposto mister é se fazer uma investigação das concepções de professores de Física em relação à natureza da Luz, como pensam tal conceito, pois uma vez investigada a forma de entender do professor pode-se conjecturar a forma de compreender dos alunos. Para que tal projeto possa ser encaminhado é preciso um levantamento histórico das concepções epistemológicas da natureza da Luz que nortearam os diversos conceitos pensados e as diversas definições formuladas ao longo da história da Ciência. Mas, esse resumo histórico será feito de uma maneira diferente, uma narração que margeia os perfis epistemológicos propostos por Bachelard, fazendo um paralelo com estes e as várias interpretações dadas a Luz ao longo da história desse conceito.

Após o delineamento da história da Luz a fundamentação será concluída com a discussão da Teoria dos Construtos pessoais (TCP) de George Kelly, pois é através desta que se faz aqui a identificação das concepções sobre a natureza da Luz dos sujeitos pesquisados.

### **1.1 Uma filosofia para a ciência.**

Buscar argumentos filosóficos para alicerçar uma investigação das concepções da natureza da Luz de professores é um trabalho que requer a abordagem de temáticas tanto filosóficas quanto científicas. Bachelard, Popper, Kuhn, apresentaram diferentes análises e propostas visando compreender a evolução das teorias da Física baseadas em uma proposta filosófica (PINTO e ZANETIC, 1999). Bachelard, provocado pelo advento da Relatividade e da Física Quântica, em seus trabalhos, apresenta reflexões filosóficas que se mostraram extremamente relevantes aos desafios pedagógicos tão necessários ao início deste século e que se adéqua à necessidade de reflexão sobre as concepções de docentes em relação aos conceitos da Física.

Com o intuito de fundamentar a investigação das concepções sobre a natureza da Luz dos professores do ensino médio, buscou-se utilizar nesta pesquisa um esquema que relaciona teoria física da Luz e suas visões filosóficas. Para tal, um referencial epistemológico-filosófico capaz de ajudar na empreitada, aparece no livro “A filosofia do não” de Gaston Bachelard. Nesta obra, o autor propõe um referencial que considera um caminho, como uma espécie de evolução, de crescimento e amadurecimento cognitivo, que vai da concepção mais ingênua, o animismo, a mais sofisticada, a ultra-racionalista, passando pela realista e positivista, gene da empirista, e pela racionalista, descendente da razão (BACHELARD, 1972).

Mas nem todos os conceitos estão em seu estágio de amadurecimento para que permitam uma investigação epistemológica como a que se deseja fazer aqui. Muitos se encontram ainda na puerilidade do animismo outros abraçados ao orgulho do realismo e alguns sob a falsa autoridade da o empirico-racionalista. O conceito de Luz surge então como um movimento que atravessa todas estas etapas na ordem sugerida por Bachelard e que foi adaptada aqui.

Para o estudo da evolução histórica da noção de Luz, especificamente, Pinto e Zanetic (1999) propõem um esquema que relaciona teorias da Física da Luz e visões filosóficas. Através deste paralelo é possível observar quatro classes: 1º animismo, na qual a Luz seria uma propriedade dos olhos; 2º realista ou positivista, Luz como objeto; 3º racionalismo, para essa noção a Luz ou é partícula ou é onda e 4º visão dialética que convive com a hipótese da dualidade onda e partícula.

Dessa maneira à possibilidade de considerar que a humanidade pode usar diferentes formas de pensar em diferentes maneiras de representar, que permitiu o delineamento entre o perfil epistemológico feito por Bachelard e a proposta adaptada de Pinto e Zanetic. Quer dizer, um caminho que indica a evolução filosófica de um conhecimento científico com os conceitos emergidos ao longo da história.

Inspirado no esquema proposto por Bachelard e baseado na proposta de Pinto e Zanetic, desenvolve-se nesta dissertação uma classificação das concepções para a natureza da Luz que esta estratificada no quadro 1.

<b>Classificação de Bachelard</b>	<b>Classificação de Pinto e Zanetic</b>	<b>Proposta da pesquisa</b>
Animismo	Animismo	Animismo
Realismo	Realismo ou positivismo	Realismo
Positivismo	Racionalismo	Empirico- racionalismo
Racionalismo	Ultra-racionalismo	
Ultra-racionalismo		Ultra-racionalismo

Quadro 1 – Comparação entre as concepções propostas por Bachelard; Pinto e Zanetic e as desenvolvidas nesta pesquisa.

As explicações que seguem farão a significância de cada concepção epistemológica para a natureza da luz na proposta desta dissertação.

### Concepção animista

Em sentido técnico é uma das primeiras etapas da evolução do pensamento. Considera-se essa fase como pré científica. Como um animista responderia à situação do cheiro de um perfume? Será que o aroma existiria se não tivéssemos olfato para experimentá-lo? Conceber um conceito de maneira animista é entender, por exemplo: que só existe o cheiro, quando abrimos um frasco de perfume, por que temos olfato para percebê-lo. Quer dizer para o animista, a verdade dos fatos e das coisas passa necessariamente pelas impressões da própria alma, do próprio ser e tudo que se refira a si próprio. (GOMES, 2004)

### Concepção realista

O realismo científico recebeu formulações diferentes e, em geral, não equivalentes, por parte dos filósofos que dele se ocuparam. Para os propósitos desta investigação, é adequada a caracterização dada por Dummett e Putnam (Navia, 1981). Para esses autores, o realismo científico é a tese segundo a qual a ciência objetiva a nos fornecer, em suas teorias, uma história literalmente verdadeira de como é o mundo, ou seja, as proposições de uma teoria são feitas para explicar a realidade física que está subjacente e não para prevê-la. Assim para os realistas o experimento além de mostrar o real pode modificá-lo.

### Concepção empírico-racionalista

Contrário às duas concepções anteriores o pensamento empírico-racionalista é o ponto de vista epistemológico que tenta conciliar de maneira equitativa duas concepções consideradas por muitos como antagônicas. Tentativas que não privilegia nem a empiria, como fizeram os intelectualistas, nem a razão, como sugerido pelos aprioristas (HESSEN, 1999). Assim qualquer sujeito que se enquadre no pensamento de que o conhecimento é predominantemente dedutivo e para ser autêntico precisa de ser lógico ou que essa verdade emerge das experiências e não da razão, serão considerados epistemologicamente como empírico-racionalistas (ROBINSON, 2003).

### Concepção ultra-racionalista

O quarto nível do perfil epistemológico que se delineia nesta pesquisa é o que promove um amadurecimento na concepção empírico-racional. É um espírito que nasceu junto com a necessidade da ciência e dos cientistas de dialetizar certos conceitos.

Mas é claro que essa não é uma tarefa que possa ser conseguida sem a apropriação de níveis diferentes de realidade e sem a compreensão, não aristotélica, de uma lógica em que o terceiro torna-se incluído (MORIN, 2003). Esta concepção se

propõe a tratar de uma realidade que não depende do observador (animismo) nem tão pouco do observado (realismo). Uma verdade que não depende como base de entendimento e interpretação, da empiria nem da razão (empírico-racionalista) como fonte da verdade.

Por isso neste trabalho antes da discussão das idéias de George Kelly, que ajudou a formatar as concepções da natureza da Luz, é preciso discutir um pouco sobre essas concepções direcionadas para a compreensão da natureza da Luz. Por que, pelo que é possível acompanhar ao longo da história da ciência e mais precisamente da Física, a concepção da natureza da Luz partiu de uma concepção animista que atribuía a sua natureza uma causa do próprio ser, quer dizer: para ver os objetos, a Luz sai dos nossos olhos e atinge-os. Em seguida, a concepção de Luz apresentou um caráter realista, semente do empirismo, em que a fonte deixa de ser o observador e passa a ser o objeto observado.

Após estas duas concepções de Luz, só uma visão empírico-racional daria conta de tantas hipóteses que seriam ventiladas. No empírico-racionalismo são possíveis duas comprovações: uma experimental e outra racional. Destes dois paradigmas nasceram e rivalizaram duas teorias dualistas para a Luz: onda ou partícula. Por isso para os que com elas comungam será atribuída a concepção empírico-racionalista.

Essa conceituação dicotomizada, onda ou partícula, para a Luz só seria quebrada no século XX quando teve início uma das maiores revoluções conceituais da história da Física e que iria modificar não só a maneira de conceber a Luz, mas de conceituar a própria ciência. A Luz passa a ser teorizada de maneira dualista, ou seja, onda e partícula. Concepção filosófica que nesta pesquisa chama-se ultra-racional.



## 1.2 Luz: a epistemologia de um conceito.

A Luz é um fenômeno que intriga a humanidade e seus pensadores, tais como cientistas, professores e estudantes. Mas há muito tempo, os gregos já indagavam a respeito de sua natureza e estudavam certos fenômenos ópticos, tais como, reflexão, refração e a explicação teórica das cores. Dentre os gregos, entre os anos de 384-322 a.C viveu Aristóteles. Ele acreditava sair de nossos olhos uma onda vibratória que atingia os objetos e tornava-os visíveis. Essa pode ser considerada de concepção animista. Ela considera as noções primitivas da natureza da Luz, definindo-a como uma propriedade do próprio ser, dos olhos.

Para quem pensa a natureza da Luz de forma anímica ela seria algo emanado pelos órgãos visuais. Concepção que está relacionada ingenuamente com o sentido da visão ou qualquer outra forma não empírica e não racional, de entender a sua natureza (PINTO e ZANETIC, 1999). Para a forma anímica de compreender a Luz, o espírito filosófico que se atribui a concepção pode ser resumido em dois aspectos:

1. A luz é produzida pelos olhos
2. Os olhos guardam a luz

A concepção filosófica da Luz com vista à modificação da compreensão e de sua natureza começa a ser reelaborada quando se estabelece a diferença entre o objeto a ser investigado e o investigador, quando se atribui à Luz características que independem de quem a observa. Concepções que preterem o observador e seus sentidos, valorizando o objeto a ser investigado. Daí passa-se a ver a fonte de emanção luminosa não mais nos órgãos de visão e sim nos objetos a serem observados. Inaugura-se a partir disso o que se chama de concepção realista da Luz.

Assim como a fumaça se desprende da lenha queimando, supunha-se haver outras emanções de partículas mais sutis, como diz Calçada e Sampaio (1998) “para que um observador enxergue um corpo, seus olhos devem receber a Luz que esse corpo emite” (p.1). Tais partículas poderiam desprender-se dos corpos e se introduzir

em nosso organismo produzindo sensações semelhantes ao cheiro, por exemplo. Seria como se tais partículas se desprendessem da superfície dos corpos luminosos e penetrassem nos olhos reproduzindo os objetos exteriores em proporções reduzidas.

Há sinais de que tanto os chineses, que utilizavam espelhos côncavos para canalizar e aproveitar os raios de Luz que lhes serviriam como queimadores, como os árabes que conheciam alguns princípios básicos da óptica, concebiam a Luz de forma realista (PINTO e ZANETIC, 1999).

Um simples experimento de observar uma moeda dentro de um copo com água sobre uma mesa pode dar sinais de como pensa um realista. Ele faz a diferença entre o observador (ele próprio) do observado (o copo com água). Mas entende diferentemente do animista que o raio parte do objeto para os olhos. Assim esse experimento estaria para ele, reproduzindo o que acontece na realidade. Esta visão representa a concepção realista e o seu espírito filosófico pode ser resumido na proposta de que o experimento mostra o real

Mas o modo de entender a natureza da Luz não se resume às formas animistas e realistas. Embora a concepção realista fosse confirmada pela escola pitagórica, principalmente com Platão e Euclides, que começaram a levantar hipóteses de que todo objeto visível emitia partículas luminosas, e que eram captadas por nossos olhos. Logo nasceria a necessidade de construir teorias para explicar a sua natureza. Ptolomeu, por exemplo, demonstrou com atividades práticas que uma pedra que não estivesse sendo vista no fundo de um copo poderia ser visualizada, caso este fosse preenchido com água (GOLDFARB e FERRAZ, 2000). Desta forma estava inaugurando a empiria para compreender a natureza da Luz.

Com o nascimento da concepção empírica a dúvida que se instalou tanto na ciência como na filosofia foi: será mesmo que os experimentos antecedem as teorias ou estas ao contrário subsidiam a empiria? A primeira teoria formulada, por métodos que hoje se chamam de científicos ou - como aqui é contextualizado – empirico-rationais, em relação aos fenômenos que envolvem a natureza da Luz, foi formulada por Heron

de Alexandria que viveu entre os anos de 10 e 75 a.C, estabelecendo as leis básicas da reflexão e propagação retilínea da Luz.

Para a visão empirico-racional tomam-se estes modelos que se baseiam tanto na fundamentação teórica como na experimentação para formulação de suas hipóteses. Como por exemplo, o modelo corpuscular de Isaac Newton (1642-1727), ou o modelo ondulatório de Christian Huygens (1629-1695). Estas duas fortes tendências diziam que: a Luz teria a natureza corpuscular, ou seja, seriam partículas como bolas de bilhar e a outra que sua natureza seria ondulatória com todas as características dos movimentos ondulatórios

O conceito de corpúsculo, ou partícula, é completamente diferente do conceito de onda; uma partícula transporta matéria, uma onda não, uma partícula pode se locomover no vácuo, uma onda necessita de um meio para se propagar, pelo menos era o que se pensava até o fim do século XIX. Uma onda atravessa obstáculos menores que seu comprimento, uma partícula não.

Enfim, para a Física clássica e para quem tem a concepção empírico-racional de entender a natureza da Luz ou ela era uma onda ou uma partícula. Portanto o espírito filosófico da concepção empírico-racional pode ser resumido em dois aspectos:

1. Representação empírica ou racional de sua natureza, com as teorias clássicas: ondulatória ou corpuscular de onde nasceram às idéias de reflexão, refração, ângulo visual, etc.
2. Aceitação do dualismo.

Mas o espírito empirico-racional não se erigiu apenas com a multiplicação de suas noções de base, ondulatória e corpuscular. O que leva ao debate em relação à teoria melhor ou a que explica os fenômenos ditos naturais. Era preciso uma alteração em sua essência. Mudança capaz de estremecer suas bases e abrir o espectro de noções para uma verdadeira revolução epistemológica.

Foi talvez esse movimento que fez com que a teoria corpuscular da Luz, de Newton, começasse a sofrer avarias em seus pilares fundamentais e não mais se sustentasse. A concepção empirico-racional da Luz estremecia e nem o velho empirismo lhe sustentava, fato que foi corroborado por algumas deduções que não se confirmavam experimentalmente.

Para ilustrar a sua avaria, veja o que aconteceu com a lei da refração. Para essa lei, os corpúsculos de Luz aumentavam a velocidade ao passar de um meio com um menor índice de refração para um meio com um maior índice de refração. Mas essa hipótese perdeu força após Léon Foucault (1819-1868) ter demonstrado em 1849 que a Luz diminui a velocidade, como previsto pela teoria ondulatória da Luz. (MOREIRA, 2005).

A semente da nova concepção epistemológica que estava nascendo iria abrir os campos do que se chamará de ultra-racionalismo e começou a ser regada pelo físico escocês Michael Faraday (1791–1862), que demonstrou que um campo magnético podia inverter os planos de polarização da Luz. Conseqüência imediata de tal dedução é a relação entre a Luz e os fenômenos eletromagnéticos. Corroborando com tais resultados James Clerk Maxwell (1831–1879) chegou à conclusão de que Luz e magnetismo são resultados de um mesmo fenômeno. A Luz passou, então, a ser teorizada como uma onda eletromagnética que se propagava no éter e que a Luz visível era apenas uma pequena parte que pode ser enxergada por nós de um espectro muito maior (EISBERG e RESNICK, 1979).

O que há de extraordinário nesta conclusão de Maxwell? Para confirmar tais hipóteses Philip Lenard (1862–1947), auxiliar de Heinrich Hertz (1857–1894) identificou um fenômeno, inexplicável para a época: ao expor uma placa de zinco à Luz ultravioleta, esta liberava elétrons. Este efeito chamar-se-ia de fotoelétrico. A teoria ondulatória só poderia explicar esse fenômeno se a energia que estes elétrons adquirissem fosse proporcional à intensidade de Luz. Lenard chegou a diversas conclusões, dentre elas que: a intensidade da Luz não influi na velocidade das

partículas carregadas, mas sim na sua frequência. Desta forma o efeito fotoelétrico não poderia ser explicado somente pela teoria ondulatória (SILVA e MOURA, 2008).

No entanto mais ou menos na mesma época o físico alemão Max Planck (1858-1947) realizou um experimento em que mostrava que a energia adquirida pelos elétrons era proporcional à frequência da Luz incidente. Planck ousou propor a hipótese de que a energia não é contínua, mas sim existe em pequenas quantidades denominadas de “quanta”. Ele pensou na quantização como uma forma de resolver o problema, talvez sem dimensionar a revolução que seu trabalho causaria no meio científico (ZANETIC, 1995).

No final do século XIX a revolução na compreensão da natureza da Luz, pois as duas teorias, ondulatória e corpuscular, que explicavam satisfatoriamente a Luz e seus fenômenos começava a dar sinais de que não resolviam mais separadamente o problema de sua natureza.

É nesse cenário científico que emerge Albert Einstein. Em 1905, Einstein publicou cinco artigos bastante revolucionários, dentre estes, um que explicava a natureza da Luz, com o título “sobre um ponto de vista heurístico a respeito da produção e transformação da Luz”. Neste artigo ele adota o conceito de quanta, proposto por Planck, e sugere, sem cerimônias, a existência dos quanta de energia. Eis que diz:

[...] “na propagação de um raio de Luz emitido por uma fonte puntiforme, a energia não é continuamente distribuída sobre volumes cada vez maiores de espaço, mas consiste em um número finito de quanta de energia, localizados em pontos do espaço que se movem sem se dividir e que podem ser absorvidos ou gerados somente como unidades integrais” (EINSTEIN, 2001. p. 2002).

Estava nascendo o conceito de fóton - nome dado ao quantum de Luz - e, com ele, a era da Física quântica. Este fato desencadeou uma reviravolta no meio científico, pois Einstein, em um de seus momentos mais visionários, estava propondo uma fusão das características ondulatórias e corpusculares da radiação.

A partir daí percebe-se que a concepção de Luz tida como absoluta possui agora uma estrutura mutável ou menos rígida. O empiri-racionalismo se enriquece com esta versão de que o caráter corpuscular não anula o ondulatório e torna-se o que Bachelard chamou de racionalismo completo. Um novo aspecto filosófico para o conceito de Luz surge na interpretação epistemológica que se segue aqui. A Luz deixa de ser concebida através de teorias que se contradizem, onda ou partícula e passa a ser interpretada com a natureza da dualidade. Desta forma onda e partícula tornam-se características que se completam. É o racionalismo discursivo de Bachelard, capaz de olhar para si em busca de sua própria compreensão.

Estes dois últimos aspectos filosóficos do conhecimento físico, racionalismo completo e discursivo, constituem a essência do novo espírito científico e da mais recente interpretação para a natureza da Luz, a concepção ultra-racionalista. Concepção que permite captar o pensamento científico contemporâneo.

Em decorrência, Einstein substituiu o “ou”, de onda ou partícula, propriedade excludente, pelo “e”, de onda e partícula. O que transcende a explicação dicotômica para a natureza da Luz das três concepções tradicionais: animismo, realismo, empirico-racionalismo e abre a necessidade de uma nova compreensão científica-filosófica. Capaz de transcender tanto a experiência como confirmadora de teorias como a razão na justificativa das verdades.

Mas não é fundamentalmente possível introduzir novas idéias sem ocasionalmente se arriscar e eis o que de mais nobre a ciência do futuro espera dos cientistas: o risco. Este combustível, que Bachelard chamou de Ultra-racional, abasteceu Kurt Godel (2008) na Matemática com o teorema da incompletude; Heisenberg e De Broglie, respectivamente com a incerteza e a complementaridade, na

Física (HEISENBERG, 1987); William Blake (REIS, 2010) no Romantismo; Max Wertheimer, Wolfgang Köhler e Kurt Koffka, na Gestalt (ENGELMANN, 2002); o sociólogo Morin (2003) e a complexidade; Capra (2006) e o pensamento sistêmico de mundo.

O Ultra-racionalismo é a explicação referente às modernas interpretações da Física Quântica para a natureza da Luz, como na dualidade das interpretações de Schrödinger (1874-1915), De Broglie, Einstein e Bohr. Por isso o seu espírito filosófico pode ser resumido em: aceitar a dualidade

Para resumir, o quadro 2 representa um esquema que relaciona teorias físicas da Luz, concepções epistemológicas de sua natureza e o respectivo espírito filosófico de cada concepção para cada teoria Física.

<b>Concepções epistemológicas</b>	<b>Teorias Físicas da Luz</b>	<b>Espírito filosófico de cada concepção</b>
Animismo	Propriedade dos olhos	A Luz é produzida pelos olhos
Realismo	Propriedade dos objetos enxergados	O experimento mostra o real
Empírico-racionalismo	Teoria corpuscular ou ondulatória	Aceita o dualismo
Ultra-racionalismo	Dualidade onda-partícula	Aceita a dualidade

Quadro 2 – Extrato das concepções para cada maneira de entender a Luz com seu respectivo espírito filosófico.

Com o espírito filosófico de cada concepção definido foi possível investigar a concepção que os professores têm da natureza da Luz. É a partir deste ponto que começa a discussão sobre a teoria dos construtos pessoais de George Kelly (item 1.3) e que culminará com o debate sobre a diferença entre: conceitos, construtos e concepções (item 1.4).

### 1.3 Teoria dos Construtos Pessoais (TCP)

George Alexander Kelly, norte-americano nascido em 1905, fez graduação em matemática e Física, mestrado em sociologia educacional e doutorado em psicologia. Durante a maior parte de sua carreira foi professor de psicologia na Ohio state Univesity. (MOREIRA. 1995)

O trabalho que o notabilizou nos meios acadêmicos foi a teoria dos construtos pessoais (TCP), escrita em 1955. Com um postulado fundamental e onze corolários. A TCP é uma teoria de personalidade com características cognitivistas e com influências humanistas, distante do comportamentalismo vigente na época de sua criação. Para uma visão mais completa da biografia de George Kelly recomenda-se consultar Hall, Lindzey e Campbell (2000); Fransella e Neimeyer (2003); Cloninger (1999) e Turuda (2010). Por ora deve-se discutir algum dos aspectos mais importantes de sua teoria.

De inicio o postulado fundamental. Ele trata de uma espécie de alternativismo construtivo, pois na hipótese de Kelly o homem constrói uma representação do real com o intuito de antecipar os acontecimentos do seu dia-a-dia e os vai mudando a medida de sua necessidade e interesse. Assim como um cientista que testa as hipóteses de suas teorias.

George Kelly chegou a estas reflexões no período em que orientava estudantes e, simultaneamente, atendia clientes no consultório. Dessa experiência relatada por Cloninger (1999) nasceu à metáfora do homem-cientista, na qual Kelly compara estudantes e pacientes por entender que ambos realizavam atividades cognitivas similares.

Para a TCP, o homem comum tem um funcionamento cognitivo análogo ao de um cientista. Baseado em certa teoria, o cientista elabora hipóteses e para ela efetua alguns testes. Após observação ele pode confirmar ou refutar a sua hipótese.



Mas tanto o homem como o cientista procuram representar o universo, ou parte dele, da sua maneira, construindo os seus construtos. Os construtos, não são fixos ou acabados, eles estão em constante mudança, à medida que novos construtos forem construídos ou velhos construtos modificados.

O que Kelly chama de construtos é o que usamos para dar significado para um fato ou fenômeno. Por exemplo, quando um professor tenta ensinar o conceito de Luz. Cada aluno, certamente, já tem um construto de Luz, que pode ser o cientificamente aceito na Física ou não. No final da aula, sobre Luz, cada aluno, terá construído novos construtos. Iguais, diferentes ou a reelaboração do que já tinha.

Para desenvolvimento de sua teoria Kelly complementa o postulado fundamental com os onze corolários - proposição descrição é demonstrada através de proposições anteriores - que seguem: (KELLY, 1963)

Construção: Uma pessoa antecipa eventos de seu dia-a-dia construindo mentalmente situações que antecipem os acontecimentos.

Organização: o sistema de construção é hierárquico. Não se ligam através de relações lógico-formais.

Fragmentação: os construtos não necessariamente derivam uns dos outros. Pode-se testar um novo construto sem descartar os anteriores.

Individualidade: o sistema de construção de cada pessoa é único.

Experiência: O sistema de construção de uma pessoa varia à medida que ela ergue sucessivas réplicas de eventos

Modulação: a variação no sistema de construção de uma pessoa é limitada pela permeabilidade dos constructos dentro dos âmbitos de conveniência em que as variantes se encontram.

Dicotomia: O sistema de construção de uma pessoa é composto de um número finito de construtos dicotômicos.

Escolha: A pessoa escolhe para si um dos pólos, em um construto dicotomizado, por meio da qual ela antecipa a maior quantidade de eventos.

Âmbito: um construto tem um universo de aplicação restrito a um grupo finito de eventos que podem ser antecipados. Um construto tem um intervalo de evidência e um foco de conveniência. O primeiro determina a faixa de aplicabilidade do construto, seu limite, e o segundo refere-se ao grupo dentro do intervalo pertinente para o qual o construto é mais pertinente.

Sociabilidade: na medida em que construímos o processo de construção de outra pessoa poderemos representar um papel social num processo social que envolva ela.

Comunhão: podemos usar construtos diferentes mais formar as mesmas experiências.

Para investigar os sistemas antecipatórios das pessoas e poder entender como elas utilizam os diversos corolários para formar os seus construtos a respeito de diversos conceitos foi desenvolvido o “role construct repertory test”<sup>1</sup> (rep-test) e para registrar o rep-teste é construída uma matriz de repertório (MR).

Há diferentes tipos de MR. A forma de se aplicar e de se registrarem os dados depende do propósito e do tipo de análise que precisa ser realizada. Kelly (1963), Cánovas e Gargallo (1998) e Cloninger (1999) relatam em detalhes os procedimentos para preenchimento de diferentes MR.

Apesar do rep-teste e da MR terem sido desenvolvidos para aplicação de casos clínicos eles podem em uma boa aproximação ser utilizados para a antecipação na construção de concepções numa utilidade educacional. Por que, embora a teoria de

---

1 teste do repertório para construção do papel de um sujeito.

Kelly não seja uma teoria da aprendizagem, isso não impede que seja estudada nessa área. Deve-se recordar que a teoria piagetiana também não é uma teoria da aprendizagem – é uma teoria do desenvolvimento – e, mesmo assim, tem repercutido nos estudos de aprendizagem e de ensino (CLONINGER, 1999).

Dessa maneira, para a TCP, pode-se dizer que o comportamento no processo de construção conceitual de uma pessoa depende de como ela antecipa os eventos, ou seja, da forma com que ela constrói e reconstrói os seus construtos. Para que esses argumentos sejam entendidos melhor, discuti-se a partir do próximo item como se articulam: conceitos, construtos e concepções.

#### **1.4 Conceitos construtos e concepções.**

Para entender e discursar sobre os processos que norteiam a aprendizagem e os trâmites intelectuais que coordenam a construção de uma concepção como a da natureza da Luz, por exemplo, recorre-se a uma das teorias de aprendizagem como as de Piaget, Vigotski, Vergnaud, dentre outras. A tentativa de identificar a concepção e conseqüentemente entender a construção do perfil epistemológico neste projeto não foi feita de maneira clássica, recorrendo-se às teorias de aprendizagem, formuladas para compreender as nuances do ensino e da aprendizagem. Por que essas teorias não dariam o alcance científico nem filosófico que se desejava discutir nesta dissertação.

Para a maneira alternativa aqui proposta usou-se uma teoria de personalidade conhecida como Teoria dos Construtos Pessoais (TCP), do professor de psicologia George Kelly, formulada em 1955 e fundamentada em duas noções básicas e uma subjacente. As noções básicas são: a de que o ser humano deveria ser visto como um ser em processo constante de transformação ao longo dos séculos e que a forma como ocorre esse processo de transformação é única para cada indivíduo. A posição filosófica subjacente foi batizada pelo próprio Kelly (1963. p 15) de *alternativismo*

construtivo. Para Kelly todas as interpretações do universo estão sujeitas à revisão ou substituição (CLONINGER, 1999).

As idéias fundamentais contidas nas duas noções psicológicas e na posição filosófica nas palavras de Cánovas e Gargallo (1998) são que:

“1º A concepção do homem como ser histórico ao longo dos séculos, reformando a herança de toda a humanidade e 2º a valoração do Homem como um ser que, ao mesmo tempo em que está imerso na corrente dos acontecimentos nos quais se desenvolve a sua vida, contempla-os e pode interpretá-los” (p.149.).

De acordo com esse ponto de vista, se considera que seres humanos não se resumem a meros e passivos objetos, mas sujeitos ativos da história. É o que Paulo Freire (1996, p.54) chamou de “posição de luta” e o que George Kelly estava postulando em relação às pessoas, que desta forma são livres para ver e interpretar os fatos científicos.

Para desenvolver os argumentos de sua teoria, Kelly se utilizou de corolários que têm o mesmo significado de proposições, postulados ou preceitos. Toda a teoria com seus onze corolários converge na intenção de mostrar o processo e as nuances que coordenam a construção dos construtos (CLONINGER, 1999).

Nos dizeres do próprio Kelly (1963, p. 105), através do corolário da dicotomia, “um construto é a maneira pela qual algumas coisas são interpretadas como sendo parecidas e, no entanto diferentes de outras”. Assim os construtos são então: unidades dicotômicas cujo elemento fundamental para formação é a polaridade: semelhança-contraste. Apresentam características que se opõe em termos de natureza ou de conceito, alto e baixo, gordo e magro, por exemplo. Conceitos opostos, mas que se completam no que tange a necessidade de formarem os construtos (TURUDA, 2010).

Essa maneira de predição bastante cognitiva foi defendida por Kelly no corolário da construção. Nas suas palavras: “Uma pessoa antecipa acontecimentos construindo as suas cópias” (1963, p.50), quer dizer antecipa concepções erigindo os construtos. Assim a maneira com que se concebe a Luz, por exemplo, é determinada pela maneira como os construtos formados pelos conceitos que se tem de Luz são erguidos.

É através da formação de construtos, erigidos a partir de conceitos, que foi interpretada as concepções sobre a natureza da Luz. (GEIWITZ, 1973). Desta forma as pessoas criam moldes provisórios, chamados por Kelly de construtos. Estes construtos, sempre dicotômicos, são formados por conceitos, visível-invisível, por exemplo. Onde se tem um construto, visível-invisível e dois conceitos, visível e invisível.

Portanto, na perspectiva proposta por Cassirer (1977) e seguida nesta dissertação, os construtos seriam ferramentas cognitivas que se formariam através dos conceitos e a interpretação destes construtos para as diversas situações do cotidiano sinalizam as concepções.

De forma esquematizada no diagrama 1 os conceitos dicotômicos formam os construtos e estes compõem as concepções.

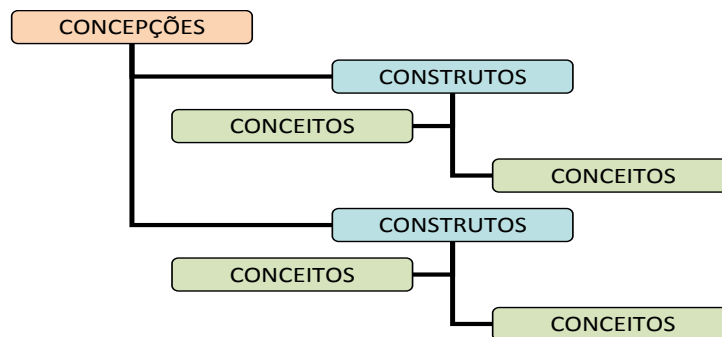


Diagrama 1- Sequencia epistemológica entre: conceitos, construtos e concepções

Apesar de apresentar variações, os construtos a respeito da Luz, por exemplo, podem e são na maioria das oportunidades limitados a uma determinada quantidade de antecipações ou interpretações. Como diz Kelly (p.68) no corolário do âmbito “um construto é conveniente para a antecipação de apenas uma série finita de acontecimentos”. Por isso, depois de uma análise e de serem aplicados em novas situações, esses construtos dicotômicos podem, quando falham ou não atendem às expectativas, ser alterados por critérios próprios de quem os formulou. Assim pode-se introduzir novos elementos dentro de sua estrutura.

É baseado no corolário do âmbito que se pode perceber a limitação de certas concepções para interpretar os novos fatos da ciência em relação a natureza da luz. Por exemplo, o efeito foto-elétrico que transcendeu a concepção empírico-racional de Luz, dando ensejo ao nascimento da concepção ultra-racional.

Mas limitações em nada prejudicam a formação das concepções. Por isso, George Kelly faz um paralelo entre um cientista e uma pessoa de senso comum, pois ambos formulam seus conceitos e constroem seus construtos para interpretar ou representar eventos que lhes são de interesse e os vai aprimorando através de experiências, a medida de sua conveniência e utilidade. Em outros termos, o homem para interpretar o universo que o rodeia cria construtos e tenta com eles explicar a realidade do mundo em que vive. Quando não consegue, vai aprimorando seus construtos nesta tentativa. Assim como o cientista que muda as hipóteses que são refutadas pelos dados obtidos nas experiências.

Da mesma forma com que as concepções variam ao longo das experiências pessoais dos professores pesquisados, as concepções em relação à natureza da Luz também variaram ao longo da história da Ciência. Para Kelly (p.72) “o sistema de construção de uma pessoa varia à medida que ela constrói sucessivamente construtos dos acontecimentos”.

E o que faz o professor escolher essa ou aquela concepção de Luz? Segundo o Corolário da escolha: “A pessoa escolhe para si a alternativa de um construto

dicotomizado por meio da qual compreende a maior quantidade de situações de seu interesse e aplicação para extensão e definição de seu sistema de construção” (p.64).

Construtos então seriam como esquemas cognitivos para Piaget ou como os invariantes de Vergnaud. Seriam óculos através dos quais é possível interpretar as concepções da natureza da Luz. Por que a compreensão sob diferentes concepções epistemológicas da natureza da Luz é uma questão de organização dos conceitos e que essa organização é naturalmente regida por uma ordem intrínseca e pessoal a cada um. Modos diferentes de compreender a Luz e que na TCP podem ser entendidos no corolário da organização onde KELLY (1963, p.56) diz que “cada pessoa caracteriza-se por desenvolver, segundo lhe convenha um sistema de construção que inclua relação de ordem entre os construtos”. Cada indivíduo desenvolve os posicionamentos a sua maneira. Essa conclusão é sustentada por Kelly, no corolário da individualidade ao dizer que: “as pessoas diferem umas das outras nas construções dos acontecimentos” (p.55).

Nessa perspectiva é bastante pertinente considerar a idéia de Kelly como uma teoria de aprendizagem construtivista (GLASERSFELD, 1990) e que pode ser aplicada na interpretação de como se dá a construção das concepções de Luz. O construtivismo é uma posição cognitivista, pois se ocupa da forma como o sujeito constrói sua estrutura cognitiva e é altamente interpretacionista, pois supõe que o sujeito representa e interpreta o mundo e não só responde a ele.

A ênfase dada aqui a TCP está na maneira como se constroem as concepções, por isso no caminho para essa compreensão dever-se-ia perceber que a forma como se conceitua a Luz, por exemplo, não é necessariamente como ela realmente é, mas como se entende e a experimenta (HALL, LINDZEY E CAMPBELL, 2000). Nesse ponto se estabelece o contato entre a aprendizagem e a TCP e essa interseção é o processo de construção das concepções.

Com o intuito de investigar as formas com que as pessoas se antecipam a uma noção, a um evento, o próprio Kelly, formulou a matriz do repertório, que é uma

ferramenta para investigar o processo de antecipação. Na matriz ocorre a ordenação dos conceitos e a conseqüente composição dos construtos.

Embora as pesquisas de George Kelly tenham sido direcionadas para aplicação clínica é perfeitamente plausível a possibilidade de trazê-la para o âmbito do ensino. Portanto esse trabalho será feito através do teste de repertório, do qual será possível elencar os conceitos, erigir os construtos e inferir sobre as concepções (RODRIGUES, 2005); (FERREIRA, 2005); (SANTOS, 2006); (MEDEIROS, 2006); (LIRA, 2006); (SILVA FILHO, 2007); (SILVA, 2007) e (LIMA, 2008).

Dessa forma a interpretação das concepções tanto pode servir para diagnosticar os comportamentos, quando pensada para a personalidade como fez Kelly, quanto podem ser utilizadas como modelo de interpretação cognitiva na tentativa de compreender o perfil epistemológico dos professores de Física sobre a natureza da Luz.

## **1.5 O teste do repertório**

Tradicionalmente em psicologia a atividade de investigação do processo de produção e elaboração conceitual tem um papel central (DA ROCHA FALCÃO, 2005). Em tais propostas metodológicas os conceitos são construídos ou formados a partir da compreensão de certas regras de elaboração. A técnica de avaliação que Kelly utilizou e da qual sempre achou fundamental e suficiente para entender o sistema de construção de uma pessoa foi a da entrevista. Em seus próprios dizeres: “se você não sabe o que se passa na mente de uma pessoa, pergunte a ela; ela provavelmente lhe dirá!” (KELLY, 1963, p.330).

Para que tal pergunta fosse feita de maneira a apoiar uma análise ou para servir como método de investigação científica, Kelly elaborou um instrumento de medida para a avaliação dos construtos das pessoas e o chamou de Teste do Repertório de



Construtos ou simplesmente rep-teste. De acordo com Fernandes (2001) o rep-teste é uma ferramenta que organiza as informações para uma entrevista baseada na teoria dos construtos pessoais.

Como levar para o cenário do ensino e aprendizagem tal método de análise? Esta maneira foi desenvolvida no âmbito educacional no estudo de Wood e Naphatali em 1975 que investigou as avaliações que os professores fazem das qualidades necessárias para os alunos obterem êxitos em suas aulas. Modo parecido com o que fez Ravenette em 1975 ao desenvolver uma rede de repertório com aproximadamente 600 alunos primários para entender as atitudes destes com suas disciplinas escolares. Para compreensão dos modelos implícitos que os professores possuem a respeito de como os alunos apreendem. Parsons, Graham e Honess em 1983 uniram ao rep-teste a observação das aulas ministradas pelos professores investigados (CÁNOVAS e GÁRGALLO, 1998).

Baseando-se nessas pesquisas vê-se que o instrumento, rep-teste, é naturalmente adaptável aos objetos da educação. Por isso o rep-teste foi utilizado em diversos trabalhos do programa de Ensino das Ciências da UFRPE. Para exemplificar citam-se os trabalhos de Lima (2008) e Rodrigues (2005) cujo trecho está na matriz 1 e que serviram de parâmetro para o desenvolvimento do instrumento que foi utilizado nessa pesquisa.

PÓLO SEMELHANTE			ELEMENTOS					PÓLO CONTRASTANTE
			E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>	
CONSTRUTOS	C <sub>1</sub>	CONSERVADA	<u>1</u>	<u>5</u>	<u>1</u>	3	-3	DISSIPADA
	C <sub>2</sub>	ESGOTÁVEIS	2	<u>1</u>	<u>1</u>	-3	<u>5</u>	NÃO ESGOTÁVEIS
	C <sub>3</sub>	MACROSCÓPICA	1	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>5</u>	2	MICROSCÓPICA

Matriz 1 – Exemplo de uma matriz do repertório (RODRIGUES, 2005)

Na matriz exemplificada, modelo semelhante ao utilizado nesta pesquisa, estão cinco elementos ( $E_1$ ,  $E_2$ ,  $E_3$ ,  $E_4$  e  $E_5$ ) que são evocados pelos sujeitos engajados na pesquisa para se referirem à natureza da Luz ou a outro conceito qualquer. Aqui o professor pode citar, por exemplo, como elementos: olho, visão, onda, partícula e quantum.

Nas duas colunas dos extremos da matriz estão os construtos que agregam, cada um, sempre dois conceitos dicotômicos, por exemplo: conservada-dissipada.

Os números classificam os cinco elementos em relação aos três construtos para uma escala de posição de semelhança ou contraste. Os elementos que se aproximam do pólo de semelhança, são indicados com o numeral 1. Os elementos que se afastam do pólo de semelhança ou que se aproximam do pólo de contraste recebe como valor de posição o número 5.

Para posições intermediárias de semelhança ou contraste para cada elemento em relação aos diversos construtos, os números utilizados são 2, 3 e 4. Quando o elemento foge dos conceitos dicotômicos que estão formando determinado construto usa-se o valor -3.

É assim que são estratificadas nesta dissertação as concepções dos professores engajados na pesquisa, mas todo esse processo será assunto para o próximo capítulo. Quando será feita toda a apresentação dos procedimentos metodológicos.

## **CAPÍTULO 2 METODOLOGIA**

Esta pesquisa buscou de maneira quantitativa e qualitativa entender as concepções de quem ensina. Investigar sem as amarras de um paradigma exclusivo deu a oportunidade de esboçar detalhes com riquezas que ajudaram na busca de soluções. Aspectos qualitativos ajudam no aprimoramento da prática de investigação analítico-descritiva enquanto que a investigação quantitativa traz uma visão geral, importante, na pesquisa exploratória que é a primeira parte desta metodologia. (FERREIRA, 1998).

### **2.1 Procedimentos metodológicos**

Corriqueiramente a experiência dos acontecimentos vai modificando a maneira como se portam as pessoas mediante os quadros que se apresentam na vida. Assim pensava também Vigotski (1999), pois entendia que o desenvolvimento seria unicamente ou tão somente o resultado de uma acumulação ao longo dos anos de determinados comportamentos. Foi o que George Kelly (1963) fundamentou no corolário da experiência quando disse que o nosso sistema de construção varia na medida em que vivenciamos diversas experiências. Esse corolário foi classificado como sendo responsável pelo processo de construção dos construtos o que para esta investigação é bastante útil, pois diz que a concepção de Luz que temos é altamente passível de ser construída e reconstruída através das experiências vivenciadas.

Os professores trazem algumas semelhanças no que concerne à maneira de construir conceitos. Pois ambos ao longo de suas experiências profissionais ou pessoais tentam confirmar ou refutar as hipóteses e os construtos que formam da vida ou da ciência. Por exemplo, da Luz.

A pesquisa e todo o processo de investigação e análise das concepções foram realizados como uma pirâmide, descrita no diagrama 2. Esta seqüência metodológica

tem base e mais três andares. Assim como em uma edificação desse tipo, cada andar que se construiu foi alicerçado pelo anterior.

A base da pirâmide foi realizada através de uma pesquisa exploratória, que visou oportunizar uma aproximação do pesquisador com os professores investigados e a partir daí pôde-se escolher dois docentes que se tornaram sujeitos da pesquisa. Do primeiro andar em diante da pirâmide a investigação passou para uma fase mista em que apareceram elementos que caracterizaram a pesquisa como analítico-descritiva. Estas etapas buscaram identificar, classificar, descrever e analisar as diversas concepções de Luz que tem os sujeitos investigados.

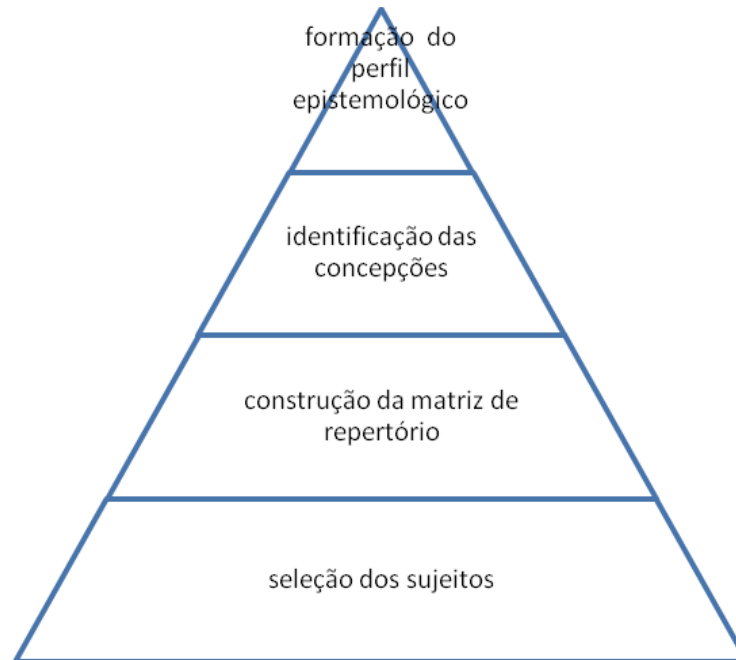


Diagrama 2 – Pirâmide metodológica

Tal método possibilitou a identificação da concepção de Luz que detêm os sujeitos e possibilitou o levantamento de hipóteses que avaliam as conseqüências de tais concepções para o ensino-aprendizagem.

## 2.2 Pesquisa exploratória

A pesquisa exploratória tem como principal característica a especificidade das perguntas, o que é feito desde o início da investigação (BABBIE, 1986). Este tipo de abordagem contribui para que se conheçam melhor as características do grupo de indivíduos que se deseja pesquisar, para desta forma verificar quais estratégias investigativas posteriores melhor poderão ser apontadas, de acordo com as características desta população. Como exemplo de aplicação deste método de investigação, pode-se frisar o uso da pesquisa exploratória para planejar mais eficientemente o tamanho amostral de um estudo posterior.

Na mesma linha de pensamento refletem Tanaka e Melo (2001), para os quais o estudo exploratório pode ajudar a resolver algumas dificuldades em pesquisa. Uma delas é a de subsidiar o planejamento de projetos maiores. Pois, a compreensão de um problema se dá de maneira mais especializada quando sua gênese é conhecida. Para o desenvolvimento de tal proposta de pesquisa uma ferramenta que se tem usado a contento é a de questionários. Ele pode conter apenas perguntas que não sugerem respostas diretas.

Quando se aplica um questionário deseja-se investigar o conhecimento para aspectos que previamente julga-se necessário conhecer da população investigada. Em outras palavras, o estudo exploratório, tem por objetivo conhecer a variável de estudo tal como se apresenta. E aí o questionário entra como um poderoso instrumento auxiliar.

A pesquisa exploratória, assim norteada, integra-se ao planejamento da pesquisa principal. Constitui parte dela embora possa existir por si só. É um meio muito importante para mostrar a realidade de forma verdadeira. O estudo exploratório permite aliar as vantagens de se obter os aspectos qualitativos das informações à possibilidade de quantificá-los. Esta associação realiza-se em nível de complementaridade, possibilitando ampliar a compreensão do fenômeno em estudo e sepultando a dicotomia qualitativa x quantitativa (MINAYO & SANCHES, 1993).

Acredita-se, pois, que o emprego equilibrado de metodologias qualitativas e quantitativas permite ampliar a compreensão acerca de determinada realidade. Embora, de um ponto de vista epistemológico e metodológico possam existir diferenças marcantes, não se considera haver oposição excludente entre as abordagens.

Em suma, a pesquisa exploratória permite um conhecimento mais completo e mais adequado da realidade que segundo Oliveira (2005) tem por objetivo dar uma visão geral do que se pretende investigar. Nessa dissertação então, ela foi usada para que fosse realizada a entrevista inicial com os possíveis sujeitos e conseqüentemente ajudou a fazer a escolha dos professores que seguiram engajados na investigação.

Inicialmente, professores foram abordados e questionados de seu possível interesse em contribuir com a pesquisa. De sua motivação seguiu-se a resposta por partes dos mesmos de um questionário, que consta nos apêndices A, B e C. Através desta ferramenta levantaram-se três características profissionais:

- 1º o tempo de formação de cada docente;
- 2º o tipo de graduação e/ou pós-graduação que tem cada professor e;
- 3º a diferença entre o tempo de formação e atuação dos sujeitos da pesquisa.

A quantidade de professores que participaram da pesquisa exploratória ficou definida na medida em que os docentes, com perfil para serem os sujeitos da investigação, fossem definidos. O que ocorreu após a resposta do terceiro entrevistado. Desta forma três participaram da fase exploratória e dois se tornaram os sujeitos da pesquisa.

Os professores que participaram da pesquisa exploratória foram:

Professor A → esse professor chamou a atenção da pesquisa, pois é mestrando de Física Aplicada e teoricamente apresenta os conhecimentos técnicos para o desenvolvimento pleno das aulas de Física e particularmente para este projeto, as aulas sobre a natureza da Luz. O professor que leciona desde 2000 já teve a oportunidade de ensinar além da Física, da Química e da Matemática. Tendo se formado na Universidade Federal de Pernambuco em 2004. Cursa além do mestrado, a especialização em ensino de Física, na Universidade Federal Rural de Pernambuco.

Professor B → É professor de Física com formação acadêmica que nos chamou atenção por algumas peculiaridades, pois é engenheiro civil formado desde 1994 na Universidade Católica de Pernambuco e especialista em Ensino das Ciências desde 2006, pela Universidade Federal Rural de Pernambuco e Licenciando em Física também pela UFRPE. O mesmo leciona Física no ensino médio há 13 anos e está lecionando há dois em uma escola de referência com jornada integral da rede estadual de ensino. Seus aproximadamente 2000 alunos ficam em aulas o dia todo e só de Física os aprendizes têm quatro aulas por semana o que tem se levantado como indício de uma real hipótese de qualidade.

Professor C → É professor de Física com formação acadêmica que chamou atenção pelo quesito pós-graduação em Ensino das Ciências desde 2005 pela Universidade Federal Rural de Pernambuco. Além disso, é licenciado em Física na Universidade Federal de Pernambuco desde 2000. O professor leciona Física no ensino médio há 12 anos.

### **2.3 Primeiro andar da pirâmide metodológica**

Com os três professores entrevistados, através das respostas dadas ao questionário, dois deles foram selecionados para serem os sujeitos da pesquisa o momento da elaboração do teste da matriz de repertório, o rep-teste. Nesta fase houve a identificação dos conceitos sobre a Luz e a conseqüente arquitetura dos construtos que serão expostos na matriz. Para a composição da matriz usou-se o rep-teste de Kelly. Pode-se considerar que desta etapa em diante a pesquisa transcorreu como uma investigação analítica e descritiva, pois se tenta na primeira etapa com uma pesquisa exploratória identificar características. Depois na construção da matriz de repertório, feita pelos professores, tenta-se elencar os conceitos e desta maneira formar os construtos e por fim analisar a semelhança entre os elementos, com relação aos vários construtos, evocados pelos professores na matriz causas para que se compreenda como se forma o perfil epistemológico dos sujeitos investigados.

### **2.4 Calculando o grau de semelhança entre os elementos**

Após aplicação do rep-teste de Kelly e de lançar os elementos citados pelos professores na matriz do repertório é à hora de organizar as concepções sobre a natureza da Luz. Para isso, foi feita uma análise de correlação ou de semelhança entre os elementos evocados pelos sujeitos e que assim compuseram um grupo com características similares.

Os elementos com um grau acima de 60% de similitude serviram de guia para que se caracterizassem a concepção epistemológica. Na pesquisa, as classes de concepções estudadas foram: animista, realista, empirico-racionalista e ultra-racionalista. Assim demonstra-se que o conjunto de elementos com alto grau de semelhança constitui as concepções em torno da Luz.



O cálculo da similitude entre os elementos foi feito pela diferença, em módulo, entre dois elementos para todos os construtos erigidos na matriz. Mesmo sem a matriz 1, apresentada na página 43, ter sido usada para identificar as concepções de Luz utiliza-se como exemplo para entender o método de calcular a similitude entre os elementos.

Essa medida é feita através do somatório dos módulos da diferença entre os valores de posição atribuídos a dois elementos, por exemplo,  $E_1$  e  $E_2$  com relação aos três construtos. Tem-se:

$$|E_1 - E_2| = |1 - 5| + |2 - 1| + |1 - 1| = 4 + 1 + 0 = 4 + 1 + 0.$$

A expressão acima pode ser entendida como a soma entre a diferença, em módulo, da medida de posição para os elementos  $E_1$  e  $E_2$  em relação aos três construtos erigidos na matriz 1.

Depois disso é atribuído para cada valor em módulo obtido um percentual de semelhança conforme o quadro 3:

<b>VALOR EM MÓDULO</b>	<b>PERCENTUAL DE SEMELHANÇA (<math>\phi</math>)</b>
0	100%
1	75%
2	50%
3	25%
4 ou mais	0%

Quadro 3 - Percentual de semelhança entre os elementos

Dessa forma se o módulo entre dois elementos para determinado construto for igual a 0 o percentual de semelhança entre esses dois elementos para aquele determinado construto é de 100%.

No exemplo, os percentuais entre  $E_1$  e  $E_2$  para cada construto são:

- Construto 1: módulo para o primeiro construto igual a 4; percentual de semelhança ( $\phi_{c1}$ ) = 0%;
- Construto 2: módulo foi 1 e o percentual de semelhança ( $\phi_{c2}$ ) = 75%;
- Construto 3: o módulo foi igual a 0 e a semelhança ( $\phi_{c3}$ ) = 100%.

Esses resultados indicam que os elementos  $E_1$  e  $E_2$ , com relação ao construto  $C_1$ , são nada semelhantes (módulo igual ou maior que 4 e  $\phi = 0\%$ ); em referência ao construto  $C_2$  eles se mostraram quase semelhantes (módulo igual 1 e  $\phi = 75\%$ ) e com relação a  $C_3$  o resultado foi de total semelhança (módulo igual 0 e  $\phi = 100\%$ ).

Para que se tenha um percentual de semelhança médio entre dois elementos para os três construtos formados na matriz, calcula-se a média aritmética simples entre o percentual de semelhança obtido para os elementos em relação a cada construto. No caso exemplificado tem-se:

$$\frac{0\% + 75\% + 100\%}{3} = 58,3\%$$

Para generalizar a medida de semelhança entre dois elementos genéricos  $E_x$  e  $E_y$  é necessário extrair a média aritmética simples entre os percentuais de semelhança  $\phi_{Ex}$  e  $\phi_{Ey}$  entre dos dois elementos.

O resultado de tal média é o percentual de semelhança desses dois elementos em relação a todos os construtos que foram forjados na matriz do repertório. De forma

Matemática a equação para calcular o grau de semelhança entre dois elementos para todos os construtos que formaram a matriz é:

$$\phi_{Ex} \sim \phi_{Ey} = \frac{\phi_{c1} + \phi_{c2} + \phi_{c3} + \phi_{cn}}{n} = \frac{\sum_{i=1}^n \phi_i}{n}$$

A expressão acima quer dizer que a semelhança entre dois elementos ( $\phi_{Ex}$  e  $\phi_{Ey}$ ) é igual ao somatório do percentual de semelhança ( $\phi_{c1} + \phi_{c2} + \phi_{c3} + \phi_{c4} + \phi_{cn}$ ) entre todos os construtos que compõem a matriz. Dividido pela quantidade de construtos que a matriz tem.

Para classificar o posicionamento do percentual em relação à semelhança ou contraste para cada par de elementos em relação aos construtos usa-se o quadro 4.

<b>PERFIL DOS PARES DE ELEMENTOS</b>	<b>PERCENTUAL DE SEMELHANÇA (<math>\phi</math>)</b>
Totalmente semelhante	$\phi = 100\%$
Quase semelhante	$100\% > \phi \geq 60\%$
Pouco semelhante	$60\% > \phi > 50\%$
Nada semelhante	$50\% \geq \phi > 25\%$
Praticamente contrastante	$25\% \geq \phi > 0\%$
Contrastante	$\phi = 0\%$

Quadro 4 - Posicionamento de semelhança

Voltando ao exemplo utilizado os elementos  $E_1$  e  $E_2$  apresentaram um percentual médio de  $\phi = 58,3\%$  o que os enquadrariam na categoria de pouco semelhantes.

Foi a partir do cálculo de semelhança entre todos os pares de elementos evocados pelo professor para todos os construtos formados na matriz que foi feita a análise das concepções dos docentes engajados na investigação.

Foi o momento de entender como são formadas as concepções epistemológicas da Luz dos professores de Física que participaram da pesquisa. O que o resultado nos mostrará é que conforme a hipótese desta pesquisa os professores não tem uma concepção única, ou seja, eles não são puramente anímicos, realistas, empírico-rationais ou ultra-rationais.

Portanto a metodologia usada na dissertação pode ser resumida de acordo com o quadro cinco:

<b>SINTESE DA METODOLOGIA</b>			
<b>Andares da pirâmide</b>	<b>Tipo de pesquisa</b>	<b>Instrumentos utilizados</b>	<b>Objetivos</b>
1 <sup>a</sup>	Exploratória	Questionário	Promover a escolha dos sujeitos que serão pesquisados.
2 <sup>a</sup>	Analítica-descritiva	Construção da matriz de repertório	Levantar os conceitos sobre a natureza da Luz e com esses formar os construtos.
3 <sup>a</sup>	Analítica-descritiva	Calculo da similitude entre os elementos	Identificar os grupos de elementos que formam as concepções da Luz.
4 <sup>a</sup>	Analítica-descritiva	Análise descritiva dos resultados	Compor o perfil epistemológico dos sujeitos.

Quadro 5 – Resumo do processo metodológico

## CAPÍTULO 3

### RESULTADOS E DISCUSSÃO

#### 3.1 Resultado da pesquisa exploratória.

Para escolher os professores que foram nomeados de sujeitos da pesquisa e que continuariam participando do processo de investigação usou-se as respostas dadas ao questionário. As respostas de cada um dos três professores, na íntegra, foram registradas nos questionários dos apêndices A, B e C com as respostas dos professores podem-se identificar características profissionais, o que se discute a partir daqui.

O primeiro ponto que foi levado em consideração para a escolha dos professores que seguiriam na investigação foi a sua formação. No quadro 6, é observável que todos os três professores têm licenciatura em Física. O destaque deste quesito é o fato de um deles, o Professor B, possuir além da licenciatura uma graduação em engenharia civil. O que qualificou, pelo fator diferencial, o professor B para ser um dos sujeitos da pesquisa.

		<b>Em que se graduou?</b>	
		<b>Engenharia</b>	<b>Licenciatura em física</b>
<b>Número de professores</b>		1	3

Quadro 6 – Tipo de graduação dos docentes investigados

Os três professores atuam em salas de aulas há mais de 10 anos. Mas tempo de atuação pode ser um critério de qualidade discutível, pois podemos exercer determinada profissão realizando certa tarefa, mas operando de maneira errônea. Portanto foi analisada a diferença entre o tempo de formação e o tempo de atuação de cada um dos três professores e conforme o gráfico 2 pôde-se concluir que dois dos três professores de Física começaram a dar aulas antes mesmo de se formarem. Exceto o professor C que foi o único que só começou a ensinar 4 anos após ser graduado. Esse último critério classifica esse professor como o segundo sujeito da pesquisa.

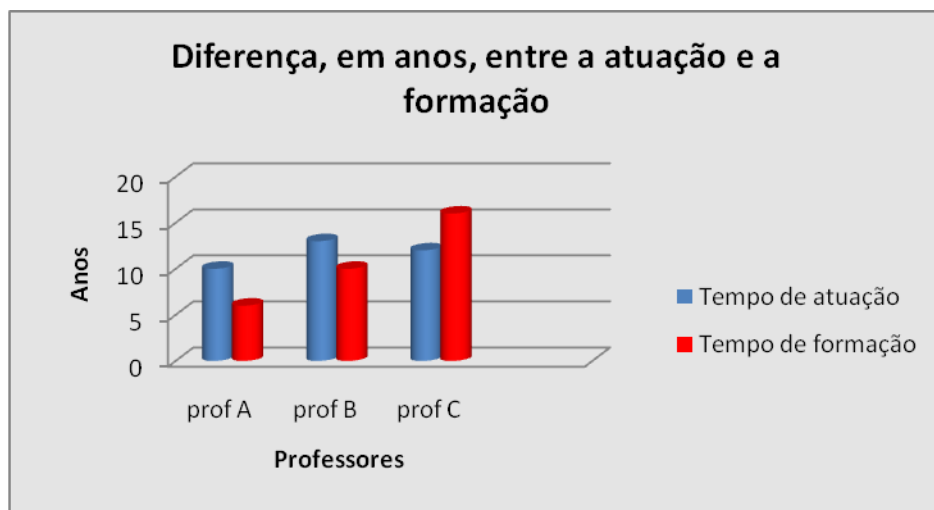


Gráfico 2: Diferença entre o tempo de formação e atuação

Não se pretende dizer que o professor não deva ensinar durante o tempo em que está se graduando, ao contrário, mas, entende-se que a graduação deveria ser pelo menos o critério mínimo para o início da atuação. Porque o estudo deve ocorrer por parte dos professores por toda a profissão e não apenas para a formação. Imagine se os professores passassem toda a profissão tendo aulas e discutindo os cálculos de Newton e Leibniz ou as teorias de aprendizagem de Piaget e Vygotsky?

Assim como resultado da fase exploratória da dissertação, pôde-se identificar dois professores que desta forma passaram a ser nomeados sujeitos da pesquisa. Destacou-se dentre os requisitos citados a graduação em engenharia, que diferencia o professor B dos demais docentes que participaram da fase exploratória, pois eles têm apenas a licenciatura em Física. O outro docente que se tornou sujeito da investigação foi o professor C. Indicado por que existe uma diferença de tempo, de 4 anos, entre a sua formação e a sua atuação. Critério que o classificou como único a começar a ensinar só depois de formado.

### 3.2 Construção da matriz do repertório do professor B.

O Rep-teste foi utilizado para revelar os construtos que o professor pesquisado emprega para compreender a Luz. Nele foi pedido que o sujeito indicasse elementos ( $E_1, E_2, E_3, E_4...$ ) que fossem relevantes em relação à natureza da Luz. Para tanto, de início foi feita a seguinte pergunta: Quando você (professor) pensa em Luz o que lhe vem a “cabeça”? É solicitado que o professor cite 3 termos. Os elementos citados foram:  $E_1$ : fóton;  $E_2$ : quantum e  $E_3$ : quanta. Depois os elementos foram dispostos na matriz e em seguida foi pedido que dissesse em que, dois desses se assemelham e em que os dois diferem do terceiro. Os elementos comuns ganharam o número de identificação 1 e o contrastante o número 5. Assim, conforme a matriz 2, o professor indicou  $E_2$  e  $E_3$  como semelhantes, para ele em relação ao conjunto e  $E_1$  diferente quanto à unidade.

		ELEMENTOS			PÓLO CONTRASTE	
		PÓLO SEMELHANÇA	$E_1$	$E_2$		$E_3$
CONSTRUTOS	$C_1$	CONJUNTO	<u>5</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	UNIDADE

Matriz 2: Formando o primeiro construto do professor B

Esses três elementos passam a compor o construto dicotômico:  $C_1$ , que é composto pela dicotomia entre dois conceitos: “conjunto x unidade”. O procedimento foi sendo repetido, ou seja, pediu-se que o professor citasse mais três elementos e que os classificasse como semelhantes e diferentes, dizendo em que se assemelham e em que diferem. Dessa forma montou-se o segundo e o terceiro construto ( $C_2$  e  $C_3$ ). Para o construto 2, que teve como pólos os conceitos, corpúsculo x onda, o professor elencou os elementos  $E_4$ : refração;  $E_5$ : reflexão e  $E_6$ : difração. Já para o construto  $C_3$ , os elementos foram:  $E_7$ : espelho plano;  $E_8$ : espelho esférico e  $E_9$ : lentes e destes formou-se a dicotomia que teve como pólo os conceitos, grande espessura x pequena espessura.

Para a conclusão da matriz elaborada pelo professor B foi sugerido ao pesquisado que pense em: Olho ( $E_{10}$ ), visão ( $E_{11}$ ) e em um objeto que possa ser observado ( $E_{12}$ ) e repita o procedimento feito até aqui: indicando 1 para os semelhantes e 5 para o contrastante. Dizendo o motivo da semelhança e do contraste. Formando assim o quarto construto ( $C_4$ ). A matriz 3 traz nos pólos os conceitos sobre a natureza da Luz, os doze elementos e os quatro construtos. Fica então concluída para que adiante possa ser feita a interpretação das concepções a partir dos construtos erigidos.

		ELEMENTOS												CONTRASTE		
		SEMELHANÇA	$E_1$	$E_2$	$E_3$	$E_4$	$E_5$	$E_6$	$E_7$	$E_8$	$E_9$	$E_{10}$	$E_{11}$		$E_{12}$	
CONSTRUTOS	$C_1$	CONJUNTO	<u>5</u>	<u>1</u>	<u>1</u>											UNIDADE
	$C_2$	CORPUSCULO				<u>1</u>	<u>1</u>	<u>5</u>								ONDA
	$C_3$	PEQUENA ESPESSURA							<u>1</u>	<u>1</u>	<u>5</u>					GRANDE ESPESSURA
	$C_4$	CAUSA										<u>1</u>	<u>1</u>	<u>5</u>		EFEITO

Matriz 3: Matriz dos elementos que formam as tríades - professor B



Resumindo as tríades processadas para a formação de seus respectivos construtos foram:

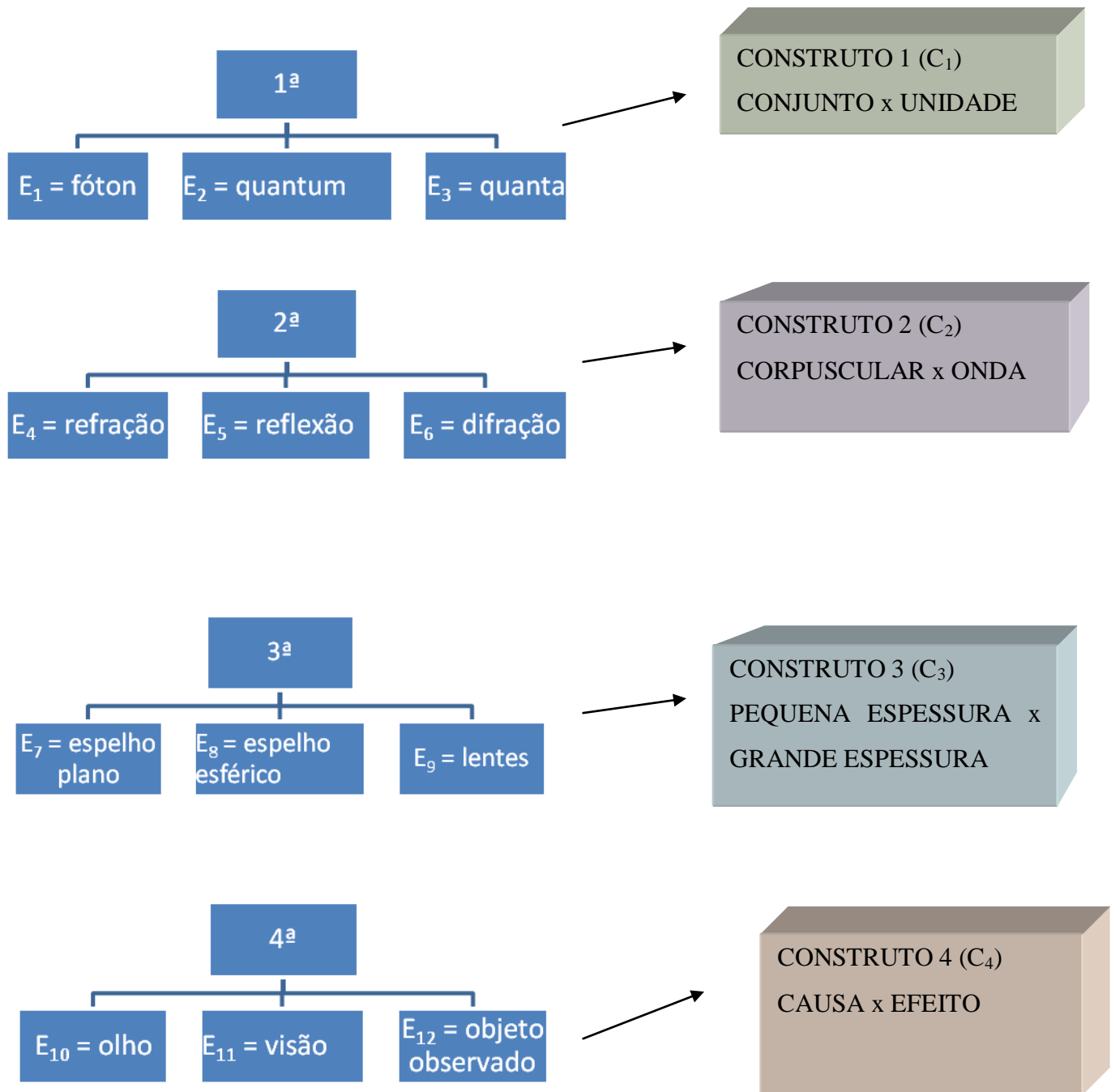


Diagrama 3 – Resumo das tríades de elementos e dos seus respectivos construtos – professor B

Definidas as tríades e os respectivos construtos, foi solicitado ao sujeito que classificasse os outros elementos dos construtos  $C_1$ ,  $C_2$ ,  $C_3$  e  $C_4$  com uma pontuação que os diferenciam em escala de posição com números de 1 a 5 com a possibilidade extra de um valor – 3, para os que não forem nem semelhante nem diferente. Veja esta classificação no quadro 7.

POSIÇÃO	CLASSE DE SEMELHANÇA
1	Igual ao pólo de semelhança
2	Parecido ao pólo semelhante
3	Posição intermediária aos pólos
4	Parecido ao pólo de contraste
5	Igual ao pólo de contraste
-3	Fora da faixa de conveniência

Quadro 7: Classificação dos elementos em relação aos construtos

Conforme orientação e parâmetro do quadro 7 a classificação de semelhança que fez o professor B está registrada na Matriz 4. (a matriz original está no anexo D)

		ELEMENTOS												CONTRASTE	
		SEMELHANÇA	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>	E <sub>6</sub>	E <sub>7</sub>	E <sub>8</sub>	E <sub>9</sub>	E <sub>10</sub>	E <sub>11</sub>		E <sub>12</sub>
CONSTRUTOS	C <sub>1</sub>	CONJUNTO	<u>5</u>	<u>1</u>	<u>1</u>	3	3	3	4	4	4	2	2	4	UNIDADE
	C <sub>2</sub>	CORPUSCULO	4	4	4	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>5</u>	3	3	3	3	3	2	ONDA
	C <sub>3</sub>	PEQUENA ESPESSURA	3	3	3	4	2	2	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>5</u>	4	4	4	GRANDE ESPESSURA
	C <sub>4</sub>	CAUSA	2	4	4	4	4	2	4	4	4	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>5</u>	EFEITO

Matriz 4: Matriz do repertório - professor B

Para compreensão da classificação feita pelo professor B, veja o elemento E<sub>7</sub>(espelho plano) em relação ao construto (C<sub>3</sub>) causa-efeito, nele o professor indicou o número 4. Isto quer dizer que para esse sujeito um espelho plano, em relação aos fenômenos relacionados com a natureza da Luz, é mais parecido com o efeito, que é o pólo de contraste para o construto causa-efeito.

Com esta escala de posição é possível formar as concepções epistemológicas sugeridas por Bachelard e adaptadas nesta pesquisa. Mas isto só será feito no item 3.5. Primeiro verifica-se como ficou a matriz construída pelo outro professor selecionado na fase exploratória.

### **3.3 Construção da matriz do repertório do professor C.**

Chamando o professor C para a mesma reflexão, através da pergunta: quando você pensa em Luz o que lhe vem à mente? Os elementos citados pelo professor foram: E<sub>1</sub>: comprimento-de-onda; E<sub>2</sub>: espectro eletromagnético E<sub>3</sub>: efeito fotoelétrico; E<sub>4</sub>: reflexão; E<sub>5</sub>: efeito Compton; E<sub>6</sub>: dispersão. Os elementos E<sub>7</sub>: olho; E<sub>8</sub>: visão e E<sub>9</sub>: objeto observado, assim como para o professor B, foram sugeridos pelo autor da pesquisa.

De maneira semelhante ao professor B os elementos foram dispostos na matriz formando tríades e o professor precisa dizer, por cada tríade, em que dois desses se assemelham e em que os dois diferem do terceiro. Por exemplo, para a tríade: comprimento-de-onda, espectro eletromagnético e efeito fotoelétrico. Os dois primeiros para o professor são semelhantes em relação ao conceito de onda e o terceiro termo da tríade é contrastante aos dois primeiros em relação ao conceito de partícula.

Os elementos comuns ganham o número de identificação 1 e o contrastante o número 5. Essas tríades passaram a compor os construtos dicotômicos, que para o

professor C foram:  $C_1$  = onda x partícula;  $C_2$  = energia x momento e  $C_3$  = sistema ótico x objeto iluminado.

De forma esquemática as tríades processadas foram:

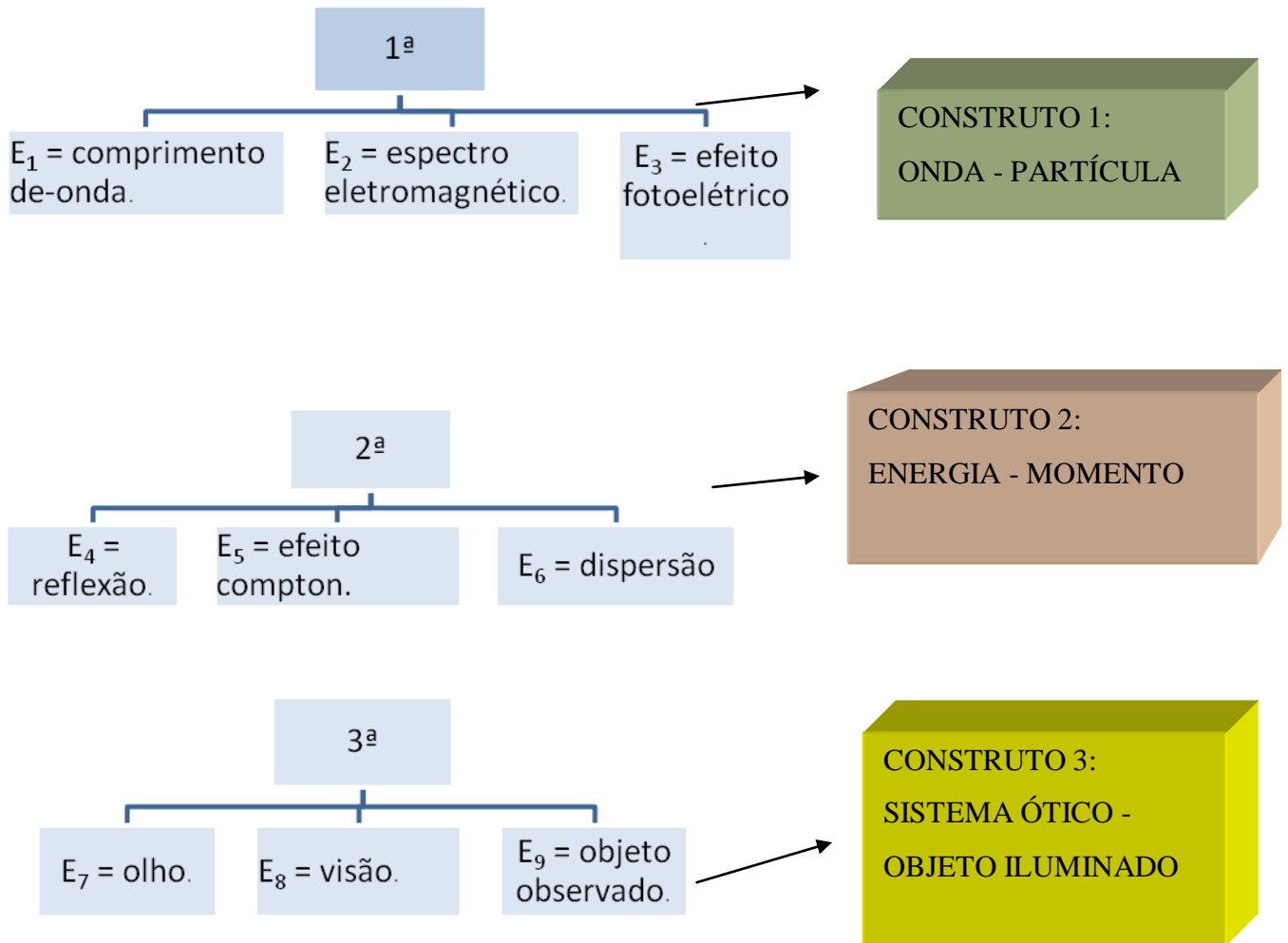


Diagrama 4 – Resumo das tríades de elementos e dos seus respectivos construtos – professor C.

Agora, assim como foi feito para o professor B pediu-se ao professor C que classificasse os outros elementos dos construtos  $C_1$ ,  $C_2$ , e  $C_3$ . Com uma pontuação que posicionasse os construtos numa escala de semelhança cujos valores variam de 1 a 5, com a possibilidade extra de um valor – 3. Conforme critério já estabelecido no quadro 7. O professor C construiu a matriz abaixo. (a matriz original está no anexo E).

		ELEMENTOS										PÓLO CONTRASTE
		PÓLO SEMELHANÇA	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>	E <sub>6</sub>	E <sub>7</sub>	E <sub>8</sub>	E <sub>9</sub>	
CONSTRUTOS	C <sub>1</sub>	ONDA	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>5</u>	1	5	1	3	2	2	PARTÍCULA
	C <sub>2</sub>	ENERGIA	1	1	5	<u>1</u>	<u>5</u>	<u>1</u>	3	2	2	MOMENTO
	C <sub>3</sub>	SISTEMA ÓTICO	3	3	3	3	3	3	<u>1</u>	<u>1</u>	<u>5</u>	OBJETO ILUMINADO

Matriz 5: Matriz do repertório do professor C

Para melhor compreensão veja o elemento 7(olho) com relação ao construto 3 sistema ótico-objeto iluminado. Para este item o professor marcou o número 1. Isso quer dizer que para ele, olho é semelhante ao conceito de sistema ótico, pólo de semelhança do construto 3.

### **3.4 RESULTADO DO GRAU DE SEMELHANÇA DOS ELEMENTOS INDICADOS NA MATRIZ.**

Seguindo o procedimento estabelecido no item 2.4, nessa etapa da análise calculou-se o grau de semelhança ( $\phi$ ) para todos os pares com os doze elementos da matriz construída pelo professor B e os nove elementos da matriz construída pelo professor C.

Ao ser incentivado a pensar em elementos que lhes vêm à cabeça quando pensam em Luz os professores indicaram elementos que demonstraram, implicitamente, a tentativa destes docentes de materializar os conceitos em relação à natureza da Luz. Estes conceitos postos na matriz formaram os construtos e com eles o autor faz o levantamento das concepções epistemológicas da Luz.

Assim com o resultado da semelhança entre os diversos pares de elementos pode-se formar grupos que caracterizaram as concepções para a natureza da Luz e conseqüentemente a formação do perfil epistemológico dos professores sobre a natureza da Luz.

Os resultados dos percentuais de semelhança entre todos os pares de elementos evocados pelos dois professores estão estratificados nos quadros 8 e 9. É a semelhança entre os elementos que ajudaram a compor as concepções em relação à natureza da Luz, para os dois professores.

<b>Percentual de semelhança (<math>\phi</math>) entre: (<math>E_x \sim E_y</math>) - Professor C</b>			
$E_1 \sim E_2$	100%	$E_3 \sim E_7$	0,0%
$E_1 \sim E_3$	33,3%	$E_3 \sim E_8$	16,7%
$E_1 \sim E_4$	100%	$E_3 \sim E_9$	16,7%
$E_1 \sim E_5$	33,3%	$E_4 \sim E_5$	33,3%
$E_1 \sim E_6$	100%	$E_4 \sim E_6$	100%
$E_1 \sim E_7$	0,0%	$E_4 \sim E_7$	0,0%
$E_1 \sim E_8$	50%	$E_4 \sim E_8$	50,0%
$E_1 \sim E_9$	50%	$E_4 \sim E_9$	50,0%
$E_2 \sim E_3$	33,3%	$E_5 \sim E_6$	33,3%
$E_2 \sim E_4$	100%	$E_5 \sim E_7$	0,0%
$E_2 \sim E_5$	33,3%	$E_5 \sim E_8$	16,7%
$E_2 \sim E_6$	100%	$E_5 \sim E_9$	16,7%
$E_2 \sim E_7$	0,0%	$E_6 \sim E_7$	0,0%
$E_2 \sim E_8$	50%	$E_6 \sim E_8$	50,0%
$E_2 \sim E_9$	50%	$E_6 \sim E_9$	50,0%
$E_3 \sim E_4$	33,3%	$E_7 \sim E_8$	33,3%
$E_3 \sim E_5$	100%	$E_7 \sim E_9$	0,0%
$E_3 \sim E_6$	33,3%	$E_8 \sim E_9$	66,7%

Quadro 8: Valores de semelhança para os pares de elementos do professor C

<b>Percentual de semelhança (<math>\phi</math>) entre: (<math>E_x \sim E_y</math>) - Professor B</b>					
Elementos	Percentual da semelhança	Elementos	Percentual da semelhança	Elementos	Percentual da semelhança
$E_1 \sim E_2$	62,5 %	$E_3 \sim E_5$	31,30%	$E_5 \sim E_{12}$	50 %
$E_1 \sim E_3$	62,5 %	$E_3 \sim E_6$	31,30%	$E_6 \sim E_7$	31,3 %
$E_1 \sim E_4$	18,8 %	$E_3 \sim E_7$	31,30%	$E_6 \sim E_8$	18,8 %
$E_1 \sim E_5$	18,8 %	$E_3 \sim E_8$	31,30%	$E_6 \sim E_9$	18,8 %
$E_1 \sim E_6$	43,8 %	$E_3 \sim E_9$	31,30%	$E_6 \sim E_{10}$	31,3 %
$E_1 \sim E_7$	31,3 %	$E_3 \sim E_{10}$	25,00%	$E_6 \sim E_{11}$	31,3 %
$E_1 \sim E_8$	31,3 %	$E_3 \sim E_{11}$	25,00%	$E_6 \sim E_{12}$	25 %
$E_1 \sim E_9$	31,3 %	$E_3 \sim E_{12}$	37,50%	$E_7 \sim E_8$	100 %
$E_1 \sim E_{10}$	25 %	$E_4 \sim E_5$	87,50%	$E_7 \sim E_9$	75 %
$E_1 \sim E_{11}$	25 %	$E_4 \sim E_6$	50,00%	$E_7 \sim E_{10}$	50 %
$E_1 \sim E_{12}$	37,5 %	$E_4 \sim E_7$	31,30%	$E_7 \sim E_{11}$	50 %
$E_2 \sim E_3$	100 %	$E_4 \sim E_8$	31,30%	$E_7 \sim E_{12}$	50 %
$E_2 \sim E_4$	31,3 %	$E_4 \sim E_9$	43,80%	$E_8 \sim E_9$	75 %
$E_2 \sim E_5$	31,3 %	$E_4 \sim E_{10}$	31,30%	$E_8 \sim E_{10}$	50 %
$E_2 \sim E_6$	31,3 %	$E_4 \sim E_{11}$	31,30%	$E_8 \sim E_{11}$	50 %
$E_2 \sim E_7$	31,3 %	$E_4 \sim E_{12}$	62,50%	$E_8 \sim E_{12}$	50 %
$E_2 \sim E_8$	31,3 %	$E_5 \sim E_6$	62,50%	$E_9 \sim E_{10}$	62,5 %
$E_2 \sim E_9$	31,3 %	$E_5 \sim E_7$	31,30%	$E_9 \sim E_{11}$	62,5 %
$E_2 \sim E_{10}$	25 %	$E_5 \sim E_8$	43,80%	$E_9 \sim E_{12}$	37,5 %
$E_2 \sim E_{11}$	25 %	$E_5 \sim E_9$	31,30%	$E_{10} \sim E_{11}$	100 %
$E_2 \sim E_{12}$	37,5 %	$E_5 \sim E_{10}$	18,80%	$E_{10} \sim E_{12}$	50 %
$E_3 \sim E_4$	31,3 %	$E_5 \sim E_{11}$	18,80%	$E_{11} \sim E_{12}$	50 %

Quadro 9: Valores de semelhança para os pares de elementos do professor B



### 3.5 Concepção Ultra-racional – professor B

A partir deste ponto faz-se uma leitura do percentual de semelhança entre os diversos elementos e daí pode-se observar que os elementos se agrupam por semelhança. É exatamente na interpretação da semelhança entre os elementos para os vários construtos que se interpreta as concepções. Para início, o gráfico 3, se refere aos elementos evocados pelo professor B. Este gráfico mede a semelhança entre o elemento 1 (fóton) e os demais elementos.

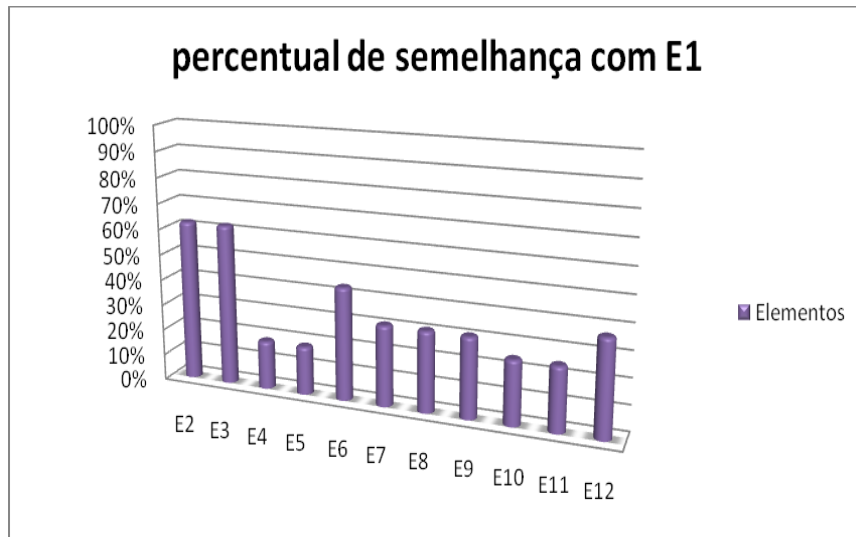


Gráfico 3: Semelhança de E<sub>1</sub> com os demais elementos

No gráfico é possível perceber que os elementos E<sub>2</sub> (quantum) e E<sub>3</sub> (quanta) são os que apresentam um grau de semelhança ( $\phi$ ) mais alto com E<sub>1</sub> (fóton). Então, conforme estabelecido no quadro 4 esse resultado ( $100\% > \phi > 60\%$ ) significa que os pares (E<sub>1</sub>~E<sub>2</sub>) e (E<sub>1</sub>~E<sub>3</sub>) são quase semelhantes.

Para confirmar a “quase semelhança” entre os pares (E<sub>1</sub>~E<sub>2</sub>) e (E<sub>1</sub>~E<sub>3</sub>) elencados pelo professor B é que foi construído o gráfico 4. Nele aparece o percentual de semelhança de E<sub>2</sub> (quantum) com relação aos outros elementos. No gráfico percebe-

se que o elemento  $E_3$  (quanta) é o único que apresenta um grau de semelhança ( $\phi$ ) apreciável. Neste caso, para o par ( $E_2 \sim E_3$ ),  $\phi = 100\%$  o que significa que  $E_3$  pode ser classificado, de acordo com o quadro 4, como totalmente semelhante a  $E_2$  (quantum).

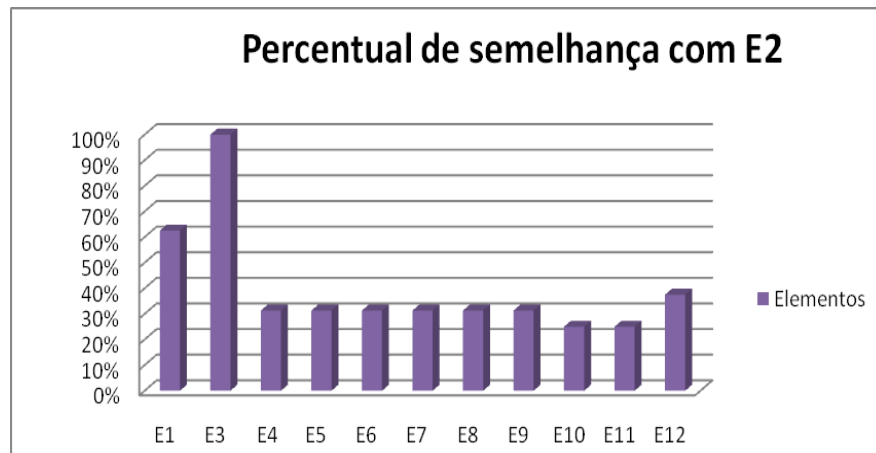


Gráfico 4: Semelhança de  $E_2$  com os demais elementos

Dos dois últimos resultados estratificados nos gráficos 3 e 4 pode-se concluir que os elementos fóton ( $E_1$ ), quantum ( $E_2$ ) e quanta ( $E_3$ ) guardam uma semelhança apreciável apenas entre si, o que pode ser comprovado no gráfico 5 onde aparece o grau de semelhança entre o elemento  $E_3$  e os demais ( $E_{12}, E_{11}, \dots, E_1$ ), pois todos esses pares, excetuando ( $E_3 \sim E_1$ ) e ( $E_3 \sim E_2$ ), apresentam  $\phi < 50\%$ , percentual que foi classificado como nada semelhante.

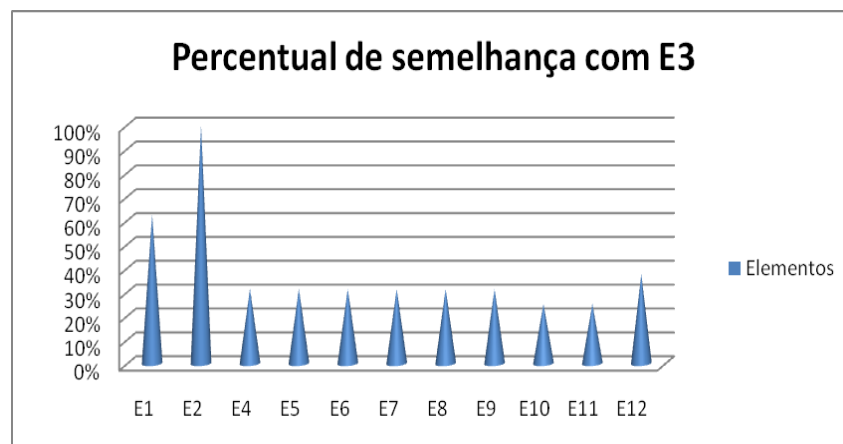


Gráfico 5: Semelhança de  $E_3$  com os demais elementos

Desta maneira  $E_1$ ,  $E_2$  e  $E_3$  forma um grupo. Esses elementos apresentaram uma semelhança considerável apenas entre si. Para  $(E_1 \sim E_2)$  e  $(E_1 \sim E_3)$ ,  $\phi > 60\%$  ou seja, o professor julga que fóton ( $E_1$ ) tem uma relação de semelhança que se pudesse ser precisa seria de mais de 60% em relação a quantum ( $E_2$ ) e quanta ( $E_3$ ).

Na interpretação desta dissertação os três elementos foram evocados e tem certa semelhança apenas entre si por que servem para o professor expressar a concepção Ultra-racional da natureza da Luz. Para entender como ele faz isso discute-se um pouco da física dos fótons e dos quanta.

Conforme a Física, os fótons são “pacotes” de Luz. Eles podem apresentar um caráter ondulatório quando estão em conjunto. Mas podem se comportar como partícula quando considerados como unidades isoladas. (HALLIDAY; RESNICK e WALKER, 1995). Para o professor B a Luz representada pelo elemento ( $E_1$ ) fóton pode apresentar um comportamento ondulatório ou corpuscular. Conclusão tirada do fato dele entender que fóton é quase semelhante ( $\phi > 60\%$ ) a quantum (fóton isolado) e quanta (plural de quantum). Desta forma o professor parece aceitar a dualidade em relação à natureza da Luz.

Pode-se concluir ainda que quando o professor B diz que  $(E_2 \sim E_3)$  é semelhante em 100%, está considerando que quanta e quantum não diferem, ou seja, isolados ou em grupo os fótons tem o mesmo comportamento. Ou seja, para o professor B a natureza da Luz segue o princípio da dualidade - onda-partícula - numa fusão de características.

Por isso conclue-se nesta dissertação que esses três elementos foram evocados para representar uma concepção e que de acordo com a classificação feita no quadro 2, referente ao espírito de cada concepção epistemológica para a natureza da Luz, a concepção filosófica evocada pelo professor B pode ser considerada como Ultra-racional.

É como se cada elemento desse grupo contribuísse com uma cota e dessa maneira manifestasse uma concepção que o professor tem da natureza da Luz. O diagrama 5 tenta representar tal concepção.

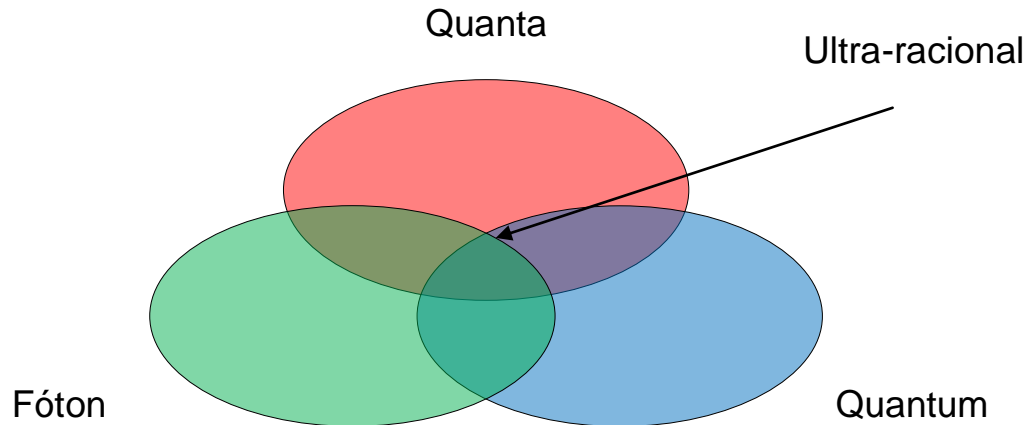


Diagrama 5 – Elementos compondo a concepção ultra-racional do professor B

O diagrama 5 tenta materializar o que a matriz do repertório registrou e a equação (item 2.4) para calcular o grau de semelhança entre os elementos mediu. O professor ver um ponto em comum entre quanta, quantum e fóton. Foi nesse campo de pensamento complexo que se interpretou a sua concepção ultra-racional.

### 3.6 Concepção empirico-racional - professor B

Nesse perfil caracterizam-se os professores que pensam a natureza da Luz através de teorias clássicas, especialmente nesta dissertação a ondulatória e a corpuscular. É o dualismo, concepção filosófica baseada na presença de dois princípios ou duas realidades opostas e incapazes de uma síntese final.

O nosso espírito filosófico não abandona as concepções anteriores avançando para modelos mais atuais com facilidade, por isso é perceptível na interpretação dos gráficos que seguem o perfil empírico-racional ainda presente no professor B.

Para início da formação dessa concepção o gráfico 6 mostra que o professor B classifica o elemento  $E_4$  (refração) como quase semelhante ( $80\% \geq \phi \geq 60\%$ ) aos elementos  $E_5$  (reflexão) e  $E_{12}$  (objeto observado).

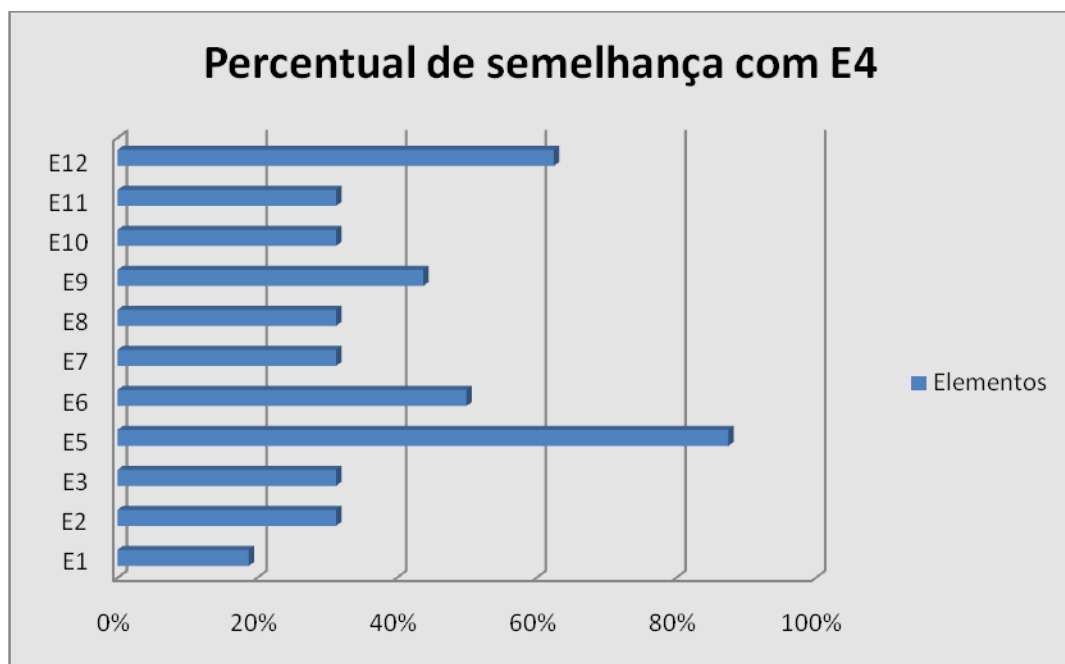


Gráfico 6: Semelhança de  $E_4$  com os demais elementos

Passando a análise de semelhança do elemento  $E_5$  (reflexão) com os demais, no gráfico 7, observa-se que ele apresenta um caráter de quase semelhança apenas com  $E_6$  (difração) e  $E_4$  (refração).

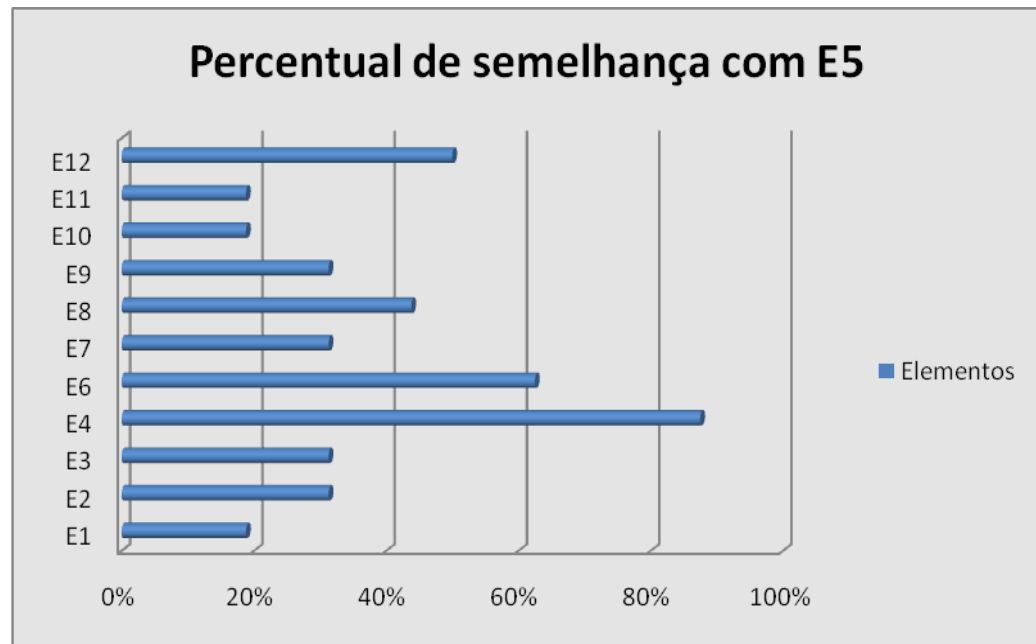


Gráfico 7: Semelhança de  $E_5$  com os demais elementos

Desses dois últimos gráficos resulta um grupo de semelhança que pode ser resumido assim:

$E_4$  (refração) é quase semelhante a  $E_5$  (reflexão) e a  $E_{12}$  (objeto observado), pois o percentual de semelhança ( $\phi$ ) entre eles é maior que 60%. Tal relação de semelhança resulta na formação de um perfil epistemológico para a natureza da Luz, ou seja, na hipótese seguida na pesquisa, o professor evocou esses elementos para configurar a concepção epistemológica empírico-racional.

O que marca aqui o perfil empírico-racional é a relação de semelhança entre  $E_4$  (refração),  $E_5$  (reflexão) e  $E_{12}$  (objeto observado), pois como já foi discutido nessa dissertação esse perfil nasce da necessidade de interpretar os fenômenos referentes à

natureza da Luz se utilizando de teorias clássicas ou da concepção filosófica do dualismo. Por isso essa dissertação diz que este grupo evoca a concepção empírico-racional, pois ela inaugura a necessidade de explicar, através de teorias advindas da razão ou testadas pela experiência, a natureza da Luz.

Sem dar sinais de estar privilegiando a razão ou a experiência o professor evoca um objeto a ser observado ( $E_{12}$ ) e o relaciona como muito semelhante a duas consagradas teorias da ótica geométrica. A lei da reflexão e a lei de refração que foi descoberta por Willebrod Snell (1591-1626) e deduzida da teoria corpuscular da Luz por René descartes (1596-1650). Por isso conhecida como lei de Snell-descartes.

Para compreender melhor. Quando um feixe de Luz incide em uma superfície parte dele é refletido pela superfície, ou seja, volta para o meio de onde partiu e parte desse “raio” de Luz penetra a superfície, ou seja, ele refrata. Assim o professor relaciona esses fenômenos, reflexão e refração, aos objetos observados e os organizam num grupo que guarda semelhança maior que 60%.

O diagrama 6 tenta materializar o que a matriz do repertório registrou e a equação (item 2.4) calculou. A idéia é que o professor para justificar a visão que tem dos objetos a serem observados ( $E_{12}$ ) lança mão de elementos nascidos na era clássica da explicação da teoria da Luz na qual o espírito vigente era a dicotomia onda ou partícula.

Quer dizer que é na interseção entre refração, reflexão e objeto observado que esta o que há de comum entre os três elementos e este ponto de comunhão é a concepção empirico-racional. Concepção marcada por duas características filosóficas. A representação clássica da natureza da Luz e a aceitação do dualismo.



Diagrama 6 – Elementos compondo a concepção empírico-racional do professor B



### 3.7 Concepção realista – professor B.

Voltando a observar o grau de semelhança ( $\phi$ ) entre os elementos pode-se destacar mais uma concepção que foi caracterizada. Para começar, o gráfico 8 mostra a semelhança entre o elemento E<sub>7</sub> (espelho plano) e os demais elementos ainda não comparados (E<sub>8</sub>, E<sub>9</sub>, E<sub>10</sub>, E<sub>11</sub> e E<sub>12</sub>).

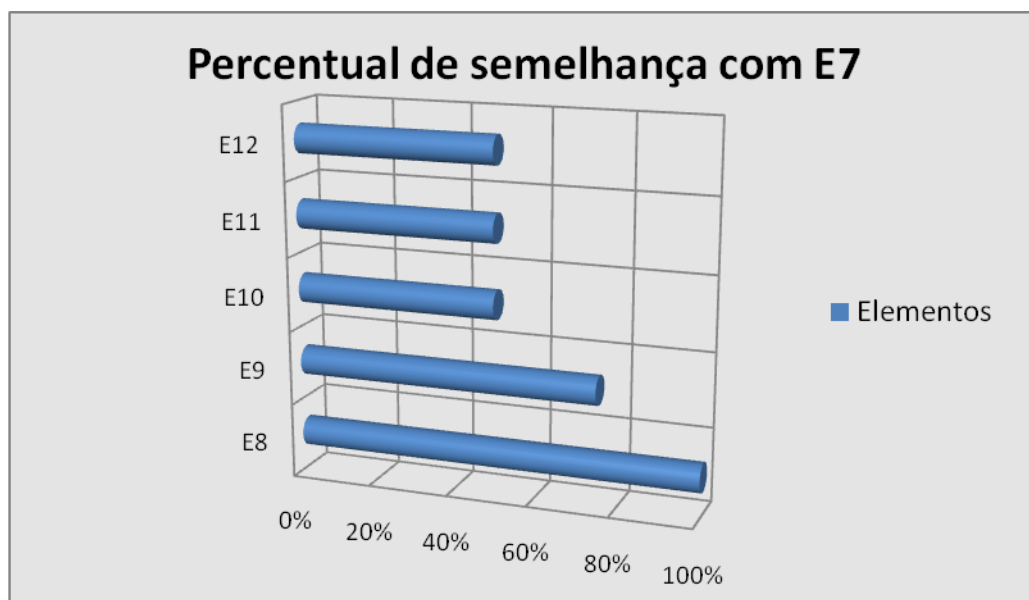


Gráfico 8: Semelhança de E<sub>7</sub> com os demais elementos.

No gráfico 8 é possível perceber que E<sub>7</sub> (espelho plano) apresenta-se como totalmente semelhante ( $\phi = 100\%$ ) a E<sub>8</sub> (espelho esférico) e quase semelhante ( $100\% > \phi > 60\%$ ) a E<sub>9</sub> (lentes).

Daí conclui-se que para o professor B os espelhos esféricos e planos não são em nada diferentes. Lembrando que esses elementos espelhos esféricos e planos foram evocados pelo professor para dar significado à natureza da Luz. Então, para ele

em qualquer dos construtos formados: conjunto-unidade, corpuscular-onda, grande espessura–pequena espessura e causa-efeito os espelhos esféricos em nada diferem dos planos e são muito semelhantes às lentes.

A certeza de que para o professor os espelhos são responsáveis por mostrar o fenômeno de maneira real vem da análise do gráfico 9. Nele confirma-se que  $E_8$  (espelho esférico) e  $E_9$  (lentes) são os únicos elementos que apresentaram um grau de semelhança considerável ( $\phi > 60\%$ ) e que o elemento  $E_8$  (espelho esférico) que é 100% semelhante a espelho plano não traz semelhança considerada com os outros elementos comparados  $E_{10}$  (olho),  $E_{11}$  (visão) e  $E_{12}$  (objeto observado).

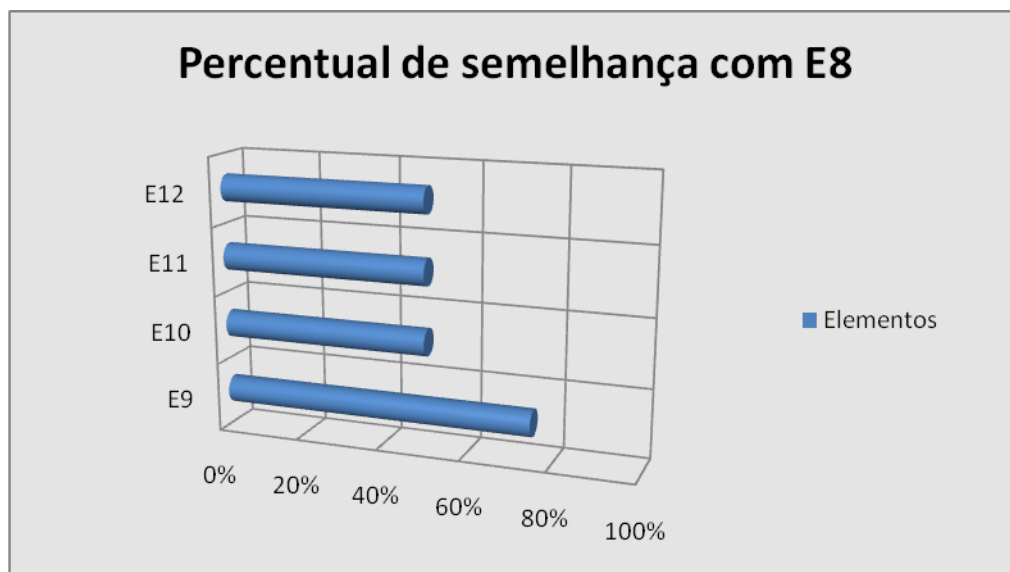


Gráfico 9: Semelhança de  $E_8$  com os demais elementos

Na hipótese desta pesquisa esse resultado indica que o professor não atribui à imagem do espelho (plano ou esférico) papel de modificador do real, pois quando  $E_7$  (espelho plano),  $E_8$  (espelho esférico) e  $E_9$  (lentes) foram comparados a  $E_{12}$  (objeto observado) apresentaram um grau de semelhança menor que 60%.

Daí conclui-se que, para o professor B as imagens refletidas por espelhos esféricos ou planos têm pouca relação com os olhos, a visão e com os objetos enxergados. O que denota a clara distinção que o sujeito faz do que é real, como o olho e o objeto a ser observado do que é virtual, as imagens refletidas nos espelhos.

Distinguindo a imagem do objeto observado ele demonstra avançar a concepção animista da Luz e dar sinais que pode ter a concepção realista por que essa surge da necessidade de atribuir a origem da Luz ao objeto por ora enxergado tirando dos próprios olhos à gênese da emanção visível.

Para reforçar a concepção realista da natureza da luz do professor B observe o gráfico 10. Ele mostra que a relação de semelhança ( $\phi$ ) entre E<sub>10</sub> (olhos) e E<sub>11</sub> (visão) é de 100%. Isso significa que para o professor B esses dois elementos são totalmente semelhantes para a natureza da Luz

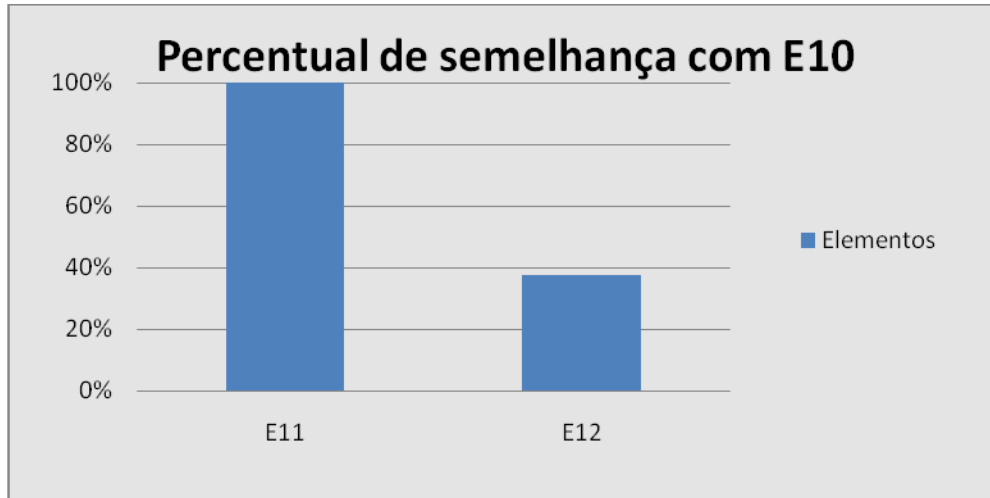


Gráfico 10: Semelhança de E<sub>10</sub> com os demais elementos

Já com relação ao elemento E<sub>12</sub> (objeto observado) o professor B considera que E<sub>10</sub> (olhos) tem pouca relação de semelhança quando o assunto é a natureza da Luz. Tanto que o percentual de semelhança, mostrado no gráfico 10, entre os dois é menor que 60%.

Assim pode-se concluir que para o professor B a visão é totalmente semelhante aos olhos,  $\phi = 100\%$ . Mas estes dois elementos não apresentam uma relação satisfatória de semelhança com  $E_{12}$  (objeto observado) tanto que  $\phi < 60\%$ , ou seja, para ele os olhos e a visão são elementos distintos dos objetos observados e aí é que se abandona a concepção animista da Luz e avança-se para a realista, pois com isso entende-se que a Luz não é produzida pelos olhos e estes muito menos guardam a Luz.

### 3.8 Concepção Ultra-racional – Professor C

Assim como foi feito para o professor nomeado de “B”. O perfil epistemológico do professor C foi tecido pelas concepções extraídas da interpretação da semelhança entre os elementos para os construtos formados a respeito da natureza da Luz.

A primeira concepção a ser discutida é a Ultra-racional. Ela é representada pelo gráfico 11, que mostra o grau de semelhança ( $\phi$ ) entre  $E_3$  (efeito foto-elétrico) e  $E_5$  (efeito Compton) com os demais elementos.

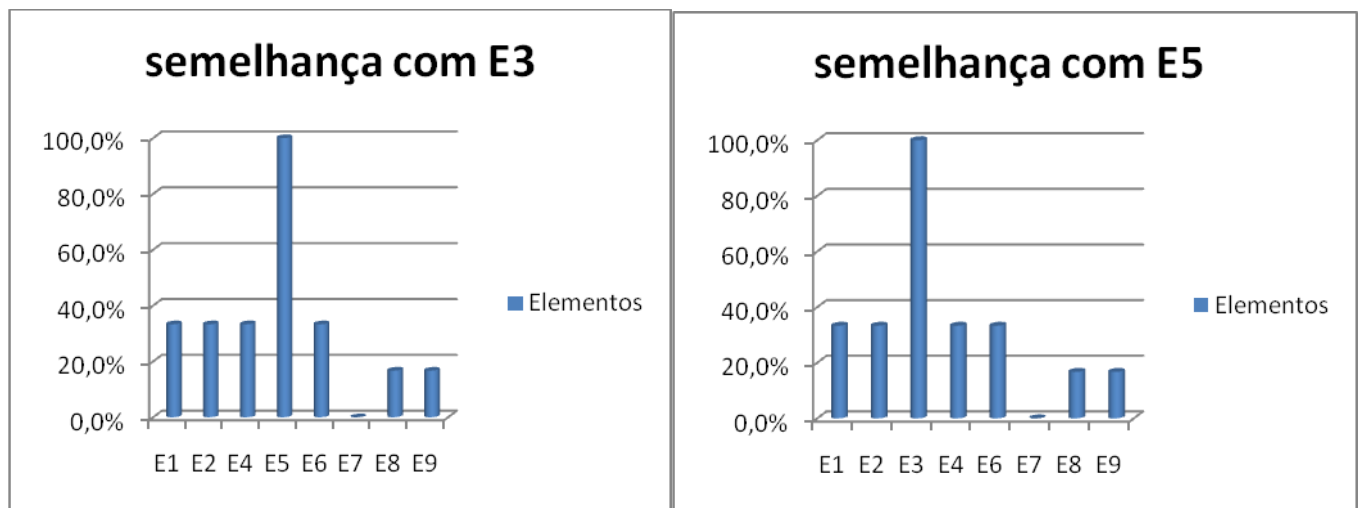


Gráfico 11: Semelhança de  $E_3$  e  $E_5$  com os demais elementos

Do gráfico tira-se que efeito foto-elétrico e efeito Compton são semelhantes apenas entre si. O efeito Compton e o efeito foto-elétrico são efeitos diferentes na Física e por que o professor C os considera como 100% semelhantes conforme indica o gráfico? Para entender essa total semelhança ( $\phi = 100\%$ ). É preciso entender um pouco cada um desses efeitos. Por que a semelhança que há entre eles explica a relação entre os dois elementos evocados pelo professor B. Tanto o efeito foto-elétrico ( $E_3$ )

como o efeito Compton ( $E_5$ ) trouxeram a certeza de que a Luz não poderia ser vista apenas como uma manifestação ondulatória, mas também como partícula, estava nascendo à concepção dual da natureza da Luz.

O efeito fotoelétrico é a emissão de elétrons por um material, geralmente metálico, quando este material é exposto a uma radiação eletromagnética, como a Luz, por exemplo. Ele pode ser experimentado quando a Luz incide numa placa de metal e conseqüentemente “arranca” elétrons dela.

A grande dúvida que se tinha a respeito do efeito fotoelétrico e que era defendida pela Física clássica partia de duas premissas:

- 1° a Luz era considerada uma onda cuja energia está espalhada de maneira uniforme;
- 2° os elétrons deveriam se mover mais rápido do que as ondas.

Por isso quando se aumentava a intensidade da Luz incidente em uma metal esperava-se que os elétrons arrancados do metal tivessem maior energia, pois se moviam mais rápido que as ondas no caso a Luz. Mas o que acontecia era que ao invés de elétrons com maior energia, maior quantidade de elétrons eram ejetados. Quer dizer que o aumento da intensidade da Luz incidente no material não aumentava a energia e sim a quantidade de elétrons emitidos pelo metal, contrariando a Física clássica e extrapolando a explicação ondulatória para a natureza da Luz.

Daí em diante começou-se a ventilar a hipótese de que a Luz pode se comportar não apenas como ondas, mas também como partículas discretas chamadas de fótons. Um fóton interage como se fosse uma bola de bilhar transmitindo energia de movimento a um elétron. Esta interpretação corpuscular da Luz explica por que a maior intensidade aumenta o número de elétrons ejetados – pois quando se aumenta a intensidade da Luz incidente mais fótons colidem com o metal e mais elétrons do metal têm a probabilidade de serem atingidos.

O outro efeito que corrobora com a superação da teoria ondulatória da Luz e consequente nascimento da concepção dual da natureza da Luz é o efeito Compton. Ele consiste na diminuição de energia e no aumento de comprimento de onda de um fóton de raio-X ou de raio gama, quando estes interagem com a matéria, por exemplo os elétrons . O Efeito Compton foi observado por Arthur Holly Compton em 1923, pelo qual fez ele receber o Prêmio Nobel de Física em 1927.

Para a Física clássica, a explicação do fenômeno é simples. Sob a ação do campo eletromagnético de um fóton incidente, os elétrons que compõem a matéria entram em movimento oscilatório de frequência igual ao do campo do fóton incidente. Desta forma os elétrons passam a atuar como emissores de Luz cuja frequência é igual ao do seu próprio movimento. A característica essencial para, a Física clássica, deste processo é então que as frequências e, portanto os comprimentos de onda do fóton incidente e da Luz emitida pelos elétrons da matéria que foi atingida pelos fótons são iguais.

Já numa visão corpuscular, a Luz emitida pela matéria que foi atingida pelos fótons incidentes teria origem na colisão entre um fóton e uma partícula do material, um elétron por exemplo. Neste caso, haveria transferência de energia do fóton incidente para o elétron atingido na colisão. Por conservação da energia, haveria então uma diminuição da energia do fóton, pois parte de sua energia seria transferida para o elétron.

De resumo tem-se que a nível ondulatório ocorreria, portanto uma igualdade entre a frequência do fóton incidente e a Luz emitida pelos elétrons atingidos. A nível corpuscular ocorreria diminuição da energia o que leva ao aumento do comprimento-de-onda. Mas Compton realizou experimentos nos quais raios-X de energia inicial definida eram emitidos por um alvo de grafite

Os resultados dos experimentos indicaram que o espectro de raios-X emitido exibia duas linhas, uma de comprimento de onda igual ao dos raios incidentes e a outra de comprimento de onda maior. Estes resultados eram incompatíveis com a idéia de

que a teoria ondulatória era suficiente para explicar a natureza da Luz. O que levou a necessidade de uma interpretação consistente com a visão corpuscular.

A total semelhança entre o efeito Compton e o efeito foto-elétrico. Para o professor B, indica que: o que ele vê de comum entre os dois efeitos, é exatamente o que estes efeitos trouxeram de novo para a Física. A limitada explicação ondulatória da Luz e a conseqüente necessidade da explicação corpuscular. O que levou a convivência das teorias ondulatória e corpusculares, ou seja, o nascimento da dualidade a respeito da natureza da Luz.

Portanto a interpretação dessa dissertação é que a concepção do professor B é dual ou como aqui se nomeou é ultra-racional. No diagrama 7 tenta-se esquematizar tal concepção mostrando a semelhança entre os dois elementos evocados pelo professor C para representar o aspecto dual da Luz, ou seja, a concepção Ultra-racional.

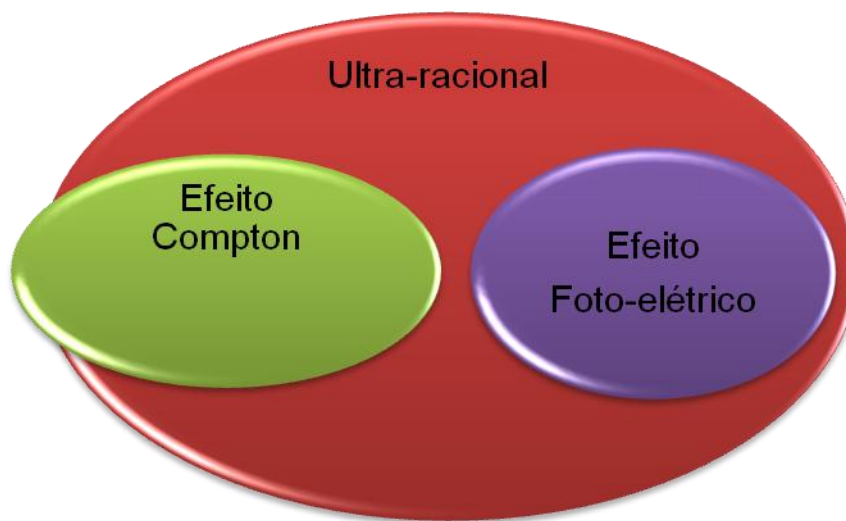


Diagrama 7 – Elementos compondo a concepção ultra-racional do professor C.



### 3.9 Concepção Empírico-racional – Professor C

A concepção empírico-racional começa a ser delineada no gráfico 12. Ele apresenta a semelhança entre  $E_1$  (comprimento-de-onda) e os demais elementos ( $E_2... E_9$ ). A partir do gráfico é possível observar que os elementos  $E_2$  (espectro eletromagnético),  $E_4$  (reflexão) e  $E_6$  (dispersão) apresentam um grau de total semelhança ( $\phi = 100\%$ ) e esse valor caracteriza os três elementos como totalmente semelhantes a  $E_1$ .

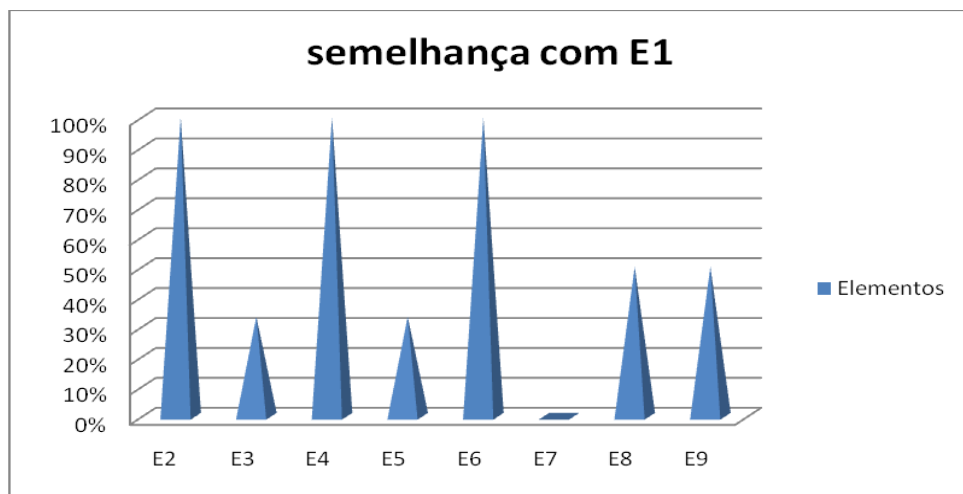


Gráfico 12: Semelhança de  $E_1$  com os demais elementos

Das semelhanças observadas neste item chama a atenção um detalhe em especial. Para o professor C a reflexão, fenômeno observado por qualquer pessoa que se poste diante de um espelho, por exemplo, é descrita exatamente por uma das principais características de um fenômeno ondulatório que é o comprimento-de-onda tanto que ele qualifica comprimento-de-onda e reflexão como totalmente semelhantes ( $\phi = 100\%$ ). Daí resulta a interpretação do autor de que a concepção do professor C é empírico-racional por considerar a Luz como uma onda e, portanto adepto da filosofia do dualismo para a Luz.

Para deixar, mas claro como os dois elementos  $E_1$ (comprimento-de-onda) e  $E_4$  (reflexão) compõem a concepção empírico-racional. Veja o diagrama 8, Ele representa a interação entre os dois elementos. É no que eles têm de comum que visualiza-se a concepção empírico-racional do professor C.



Diagrama 8 – Elementos compondo a concepção empírico-racional do professor C.

### 3.10 Concepção Animista – Professor C

Observando ainda o grau de semelhança ( $\phi$ ) entre os nove elementos, pode-se destacar mais uma concepção, intitulada de animista. Para começar a explicar tal concepção, o gráfico 13 traz a semelhança entre o elemento  $E_8$  (visão) e os demais.

O alto grau de semelhança ( $100\% > \phi > 60\%$ ) entre visão ( $E_8$ ) e objeto observável ( $E_9$ ) indica a ligação que o professor faz entre a ação de ver com o objeto ao qual se pretende enxergar.

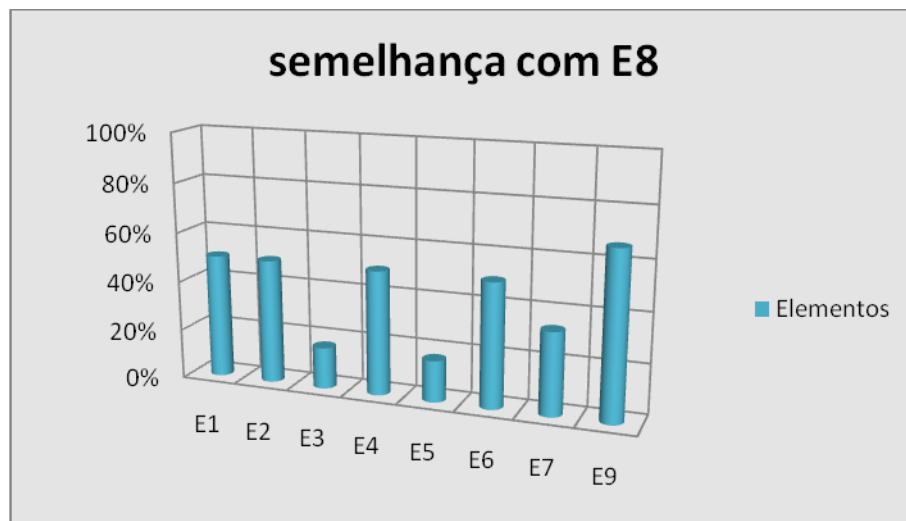


Gráfico 13: Semelhança de  $E_8$  com os demais elementos

De acordo com a interpretação estratificada no quadro 4 essa semelhança entre a visão e o objeto enxergado se caracteriza como quase semelhantes. Ela foi verificada porque o professor denota ao evocá-los o espírito pertinente a concepção animista da natureza da Luz que é a idéia de que a Luz é produzida pelos olhos. Pois na interpretação verificada o professor atribui muita semelhança ao fenômeno de ver com objeto que se ver.

Para tentar representar como a visão e o objeto observado trabalham para construir a concepção animista da Luz. Duas engrenagens funcionando em conjunto põem a terceira para funcionar. No caso da concepção animista são os elementos (visão) e (objeto observado) que trabalham para manter em movimento a concepção anímica na interpretação da natureza da Luz, conforme o diagrama 9.



Diagrama 9 – Elementos compondo a concepção animista do professor C.

### 3.11 Traçando o perfil epistemológico dos professores.

Chalmers (1993), sobre perfil epistemológico, alerta que para decompor um determinado conceito é preciso realizar saltos e perceber nuances que vão além do conhecimento unicamente científico, necessitando de um prisma que apresenta uma dispersão filosófica. Este mesmo pensamento aparece nas palavras de Bachelard (1972), para ele cada ciência fornece apenas uma banda do espectro de noções que se propõe a investigar, e é necessário juntar todas para compor o espectro completo de um conhecimento em particular.

Por isso para medir a ação psicológica das filosofias na obra do conhecimento, Bachelard desenvolve a noção de perfil epistemológico que, segundo ele: “é uma escala imprecisa. Mas suficiente para localizar os diversos debates da filosofia da ciência e para impedir a confusão dos argumentos” (Bachelard, 1972, pág.55). Como exemplo, elabora uma construção gráfica permitindo obter o seu perfil epistemológico para o conceito de massa e de energia.

Assim entende-se que o espírito científico não é único, as idéias não são erigidas nas “cabeças” pensantes de maneira isoladas. Nesta pesquisa a concepção de Luz e a compreensão de sua natureza são compostas de um quadro que para ser bem representativo da epistemologia dos professores engajados na pesquisa precisa ser vista em todas as suas faces. Por isso o perfil epistemológico da Luz é como se fosse uma figura de varias faces onde cada uma delas representa uma concepção. Um conjunto de concepções formando um perfil epistemológico.

Mas cada pensador traz em sua maneira de construir a sua figura com a quantidade tipo de faces que melhor lhe auxilia a interpretar a natureza da Luz. Desta forma comparasse um sólido geométrico ao perfil epistemológico e as faces deste sólido com as concepções da natureza da Luz. As várias concepções levantadas neste projeto compõem o perfil assim como as faces compõem um sólido geométrico.

Na tentativa de montar o perfil epistemológico é que se somam as concepções. Para o professor B o perfil epistemológico é composto pelas concepções ultra-racional, empirico-racional e realista. Para o Professor C a composição do perfil epistemológico também tem três concepções. A diferença é que no professor além da ultra-racional e da empirico-racional aparece a animista no lugar da realista.

Do perfil epistemológico é plausível concluir e agora entender, que não existe uma concepção epistemológica a respeito da natureza da Luz, mas que é um conjunto de concepções. Estas concepções dialogam e formam o perfil epistemológico da natureza da Luz. No diagrama 10 representa-se o perfil epistemológico da natureza da Luz do professor B e no diagrama 11 o do professor C.

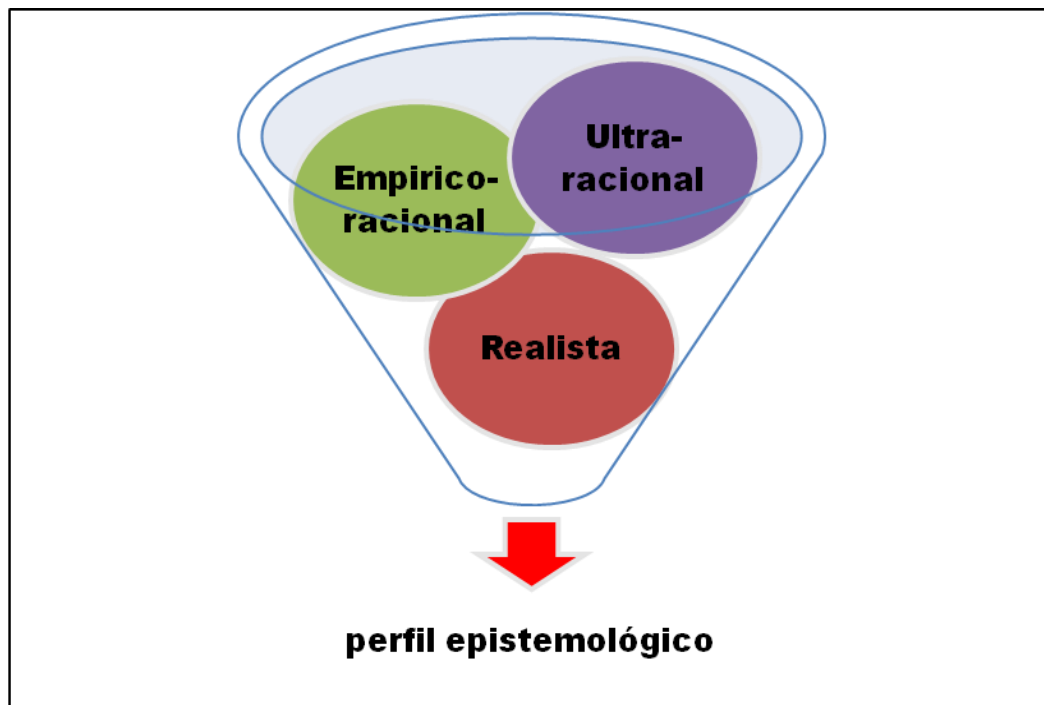


Diagrama 10 – Composição do perfil epistemológico do professor B

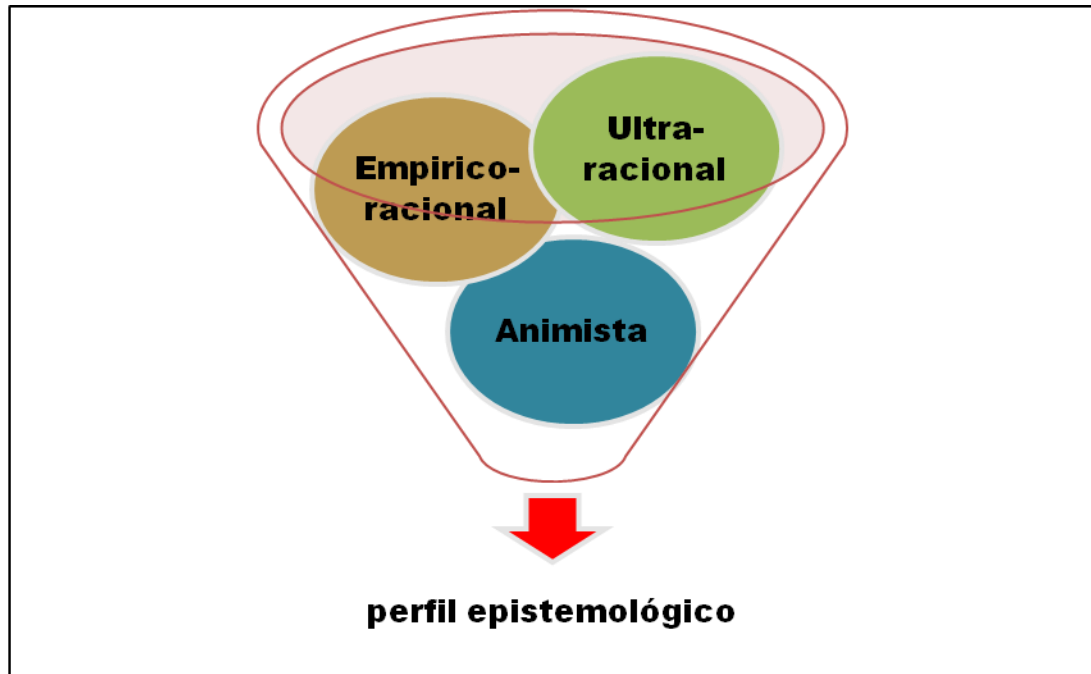


Diagrama 11 – Composição do perfil epistemológico do professor C

## **CAPÍTULO 4**

### **CONCLUSÃO**

Artigos da década de 70 traziam a atenção dos pesquisadores para que focassem o conteúdo das idéias dos alunos. É comum ler, por exemplo, Driver & Easley (1978), dissertar sobre a importância da aprendizagem que os alunos desenvolviam em seu próprio cotidiano. Era um movimento que tentava alertar para a importância das idéias prévias. Essa abordagem levou algumas pesquisas do ensino ao paradigma de que as teorias científicas deveriam ser construídas a partir do aprimoramento e até da substituição das idéias prévias dos aprendizes.

Alguns problemas, que se vê nas pesquisas, decorrente da substituição das idéias prévias dos aprendizes é a montagem de estratégias que pretende ampliar os conhecimentos dos alunos provocando os chamados conflitos que põem suas idéias prévias em cheque na tentativa de substituí-las pelas científicas. Rowell e Dawson (1984) alertam para a ineficácia dessa estratégia por acreditar que uma teoria só é substituída por outra melhor se for verdadeiramente construída.

Uma expectativa que as estratégias construtivistas de ensino têm é a de que as idéias prévias sobre os conceitos vão sendo substituídas na medida em que se aprimoram os conceitos (HEWSON E THORLEY, 1989). É o caminho seguido também no modelo piagetiano, que considera que vamos construindo estruturas que suportam conceitos cada vez mais evoluídos. De acordo com esse posicionamento conceitos dicotômicos formadores de construtos como os usados nesta dissertação, não podem ser simultaneamente pertinentes.

Contrariando esta linha de pensamento, o autor desta dissertação converge na observação de Linder (1993) por acreditar que a descrição de aprendizagem em ciências deve seguir o esforço de potencializar o professor para conviver com os



conceitos ainda que antagônicos, mas não na tentativa de suplantá-los e sim com o objetivo que estes conceitos sejam suportes para as diferentes concepções. Até por que diversos trabalhos já apontam para essa inconsistente tentativa de mudança conceitual como os de Galili e Bar (1992), Mortimer (1992), Scott (1992) e Bachelard (1978), para quem uma única filosofia não é suficiente pra descrever todas as diferentes formas de pensar. Outro que levantou a atenção para a convergência harmônica entre as diversas maneiras de interpretar um conceito foi Marton (1981) cuja abordagem nos fala sobre categorias de descrição da realidade.

Por tantos autores e tantas pesquisas é que se torna um trabalho já realizado, tentar suplantar velhos conceitos por novos uma vez que suprimir as expressões e compreensões mais ingênuas de ciências pode levar grupos de alunos a serem impedidos de compartilhar significados. Pois já não é mais consenso que novas idéias nasçam necessariamente de revolução provocadas nas anteriores. Assim aconteceu com a física dos sistemas complexos, que surgiu da releitura de alguns problemas que exigiram um olhar particular na Física quântica.

A presente dissertação, vibrando em ressonância com a idéia de que é mais proveitoso para o ensino e a aprendizagem conviver com as diversas concepções de Luz ao invés de tentar suplantar animismo por realismo, realismo por empírico-racionalismo e empírico-racionalismo pelo ultra-racionalismo, concluiu que o perfil epistemológico dos sujeitos investigados é formado pelo conjunto das concepções que os professores apresentaram.

Segundo essa conclusão os docentes evocaram elementos semelhantes para representar a Luz e estas semelhanças formam concepções variadas. O percentual de semelhança entre elementos serviu para determinar quais as concepções que cada sujeito pesquisado apresentou. Ao se fazer isso para a natureza da Luz, encontrou-se que os sistemas de construtos, erigidos a partir de conceitos, formavam as concepções e o conjunto destas o perfil epistemológico de cada professor.

Dai pode-se responder a questão-problema que norteou essa investigação. **Qual a concepção do professor de Física a respeito da natureza da Luz?** A resposta foi que a concepção sobre a natureza da Luz é atribuída a uma multiplicidade de sentidos, uma ordem, um encadeamento que segue a sequencia entre: conceitos, construtos e concepções.

Desta forma os dois professores do ensino médio investigados, apresentaram elementos que comparados para cada construto compuseram as concepções e estas em conjunto formaram o perfil epistemológico de cada professor. Perfis com quatro concepções para o professor B e três concepções para o professor C. Daí conclui-se que a concepção de Luz é polissêmica e compõe um perfil epistemológico.

O professor B compôs seu perfil epistemológico para a natureza da Luz com realismo; empirico-racionalismo e ultra-racionalismo. Já o professor C apresentou um perfil marcado por: empirico-racionalismo; ultra-racionalismo e animismo

Assim, os resultados guiaram a pesquisa para a conclusão de que as novas concepções incorporadas à compreensão da natureza da Luz não substituí as já existentes, mas ao contrário convida-nos a entender que estava correto Mortimer (1995) ao propor que as diversas concepções sobre um conceito deveriam conviver juntas de forma que pudessem ser utilizadas convenientemente pra cada contexto.

A noção de perfil epistemológico desta pesquisa permite entender o progresso das idéias dos professores engajados na pesquisa. Não como um sistema de aniquilamento das concepções anteriores com a conseqüente substituição por novas, mas sim no intuito de que estas concepções reunidas em um perfil dêem ao professor a propriedade de falar sobre várias vertentes de um mesmo problema, no caso desta pesquisa a Luz, alcançando desta forma alunos de diferentes concepções e que pensem de formas diversas.

Apesar das dificuldades de ensinar e aprender o conceito de Luz entende-se que esta maneira diversificada de concebê-la só facilita e melhora o ensino de Física. Por que sendo o professor dotado de um perfil epistemológico que contempla mais de uma concepção muito facilita seu diálogo com os alunos, pois em turmas de ensino médio conforme se pode ver em pesquisa de Silva Junior (2006) os alunos apresentam concepções variadas, sobre a natureza da Luz, de forma que em uma turma do ensino médio pode-se encontrar um grupo de alunos que pensam a Luz de maneira animista, outro que pensa a Luz de maneira empirico-racionalista, outro grupo de alunos que pensam de maneira realista e até um grupo que pensa de forma ultra-racional.

## REFERENCIAS

- BABBIE, E. **The practice of social research**. 4th ed. Belmont, wads worth publ. 1986.
- BACHELARD, Gaston. **A Filosofia do não**. Tradução de Joaquim José Moura Ramos – São Paulo: Abril Cultural, 1972.
- \_\_\_\_\_. **O novo espírito científico**. Tradução de Joaquim José Moura Ramos – São Paulo: Abril Cultural, Rio de Janeiro, 1978.
- BARROS, Marcos Antonio; BASTOS, Heloisa Flora Brasil. **Investigando o uso do ciclo da experiência kellyana na compreensão do conceito de difração de elétrons**. Cad.Bras. Ens.Fís. v.24, n.1: p.26-49, abr.2007.
- CALÇADA, Caio Sérgio; SAMPAIO, José Luiz. **Óptica, ondas** – São Paulo: Atual, 1998.
- CÁNOVAS, Paz; GARGALLO, Bernardo. **A construção do conhecimento na educação** / Organizado por Pilar Aznar Minguet; tradução Juan Acuña Liorens. – Porto Alegre: Artmed, 1998.
- CAPRA, Fritjof. **O ponto de mutação**. São Paulo; Cultrix, 2006.
- CARVALHO, Helena Silvia Mariano de. **Einstein – uma luz sobre a Luz**. São Paulo: Universidade de São Paulo, 2005.
- CASSIRER, E. **Substance et fonction**. Pais; les editions du Minuit. 1977.
- CHALMERS, Alan F. **O que é ciência afinal?** Tradução: Raul Filker. Editora Brasiliense, 1993.

CLONINGER, Susan C. **Teorias da Personalidade**. Tradução de Claudia Berliner. - São Paulo: Martins Fontes, 1999.

DA ROCHA FALCÃO. J. T. **Elementos para uma abordagem psicológica do desenvolvimento de conceitos científicos**. Tópicos em psicologia cognitiva, org.: Maria da Graça Dias e Alina G. spinillo. Ed. Universitária da UFPE, 2005.

DRIVER, R. & EASLEY, J. **Pupils and paradigms: A review of literature related to concept development in adolescent science students**. Studies in Science Education, 12: 7- 15. 1978.

EINSTEIN, A. **O ano miraculoso de Einstein: cinco artigos que mudaram a face da física**. Organização e Introdução de John Stachel. Rio de Janeiro: Editora da UFRJ, 2001. p. 201-222.

EISBERG, Robert e RESNICK, Robert. **Física Quântica**; trad. de Paulo Costa Ribeiro, Enio Frota da Silveira de Marta Feijó Barroso. Rio de janeiro: Elsevier, 1979.

ENGELMANN, Arno. **Psicologia da gestalt e a ciência empírica contemporânea**. Psicologia: teoria e pesquisa. Vol.18 no. 1 Brasília jan./abr. 2002.

FERNANDES, Eugénia M. Grelha de repertório. In: FERNANDES, Eugénia M.; ALMEIDA Leandro S., ed. lit. - **Métodos e técnicas de avaliação: contributos para a prática e investigação psicológicas**. Braga: Universidade do Minho. Centro de Estudos em Educação e Psicologia, 2001. ISBN 972-8098-98-7. p. 77-107. Disponível em: <<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/4210>>. Acesso em: 26 jul. 2010.

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

FERREIRA, Rosilda Arruda. **A pesquisa científica nas ciências sociais: caracterização e procedimentos.** Recife: Ed. Universitária da UFPE, 1998.

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

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da autonomia: saberes necessários á prática educativa.** São Paulo: paz e terra, 1996.

GALILI, I. & BAR, V. Motion implies force: where to expect vestiges of the misconceptions? International Journal of Science Education, 14(1): 63-81. 1992.

GEIWITZ, Peter James. **Teoria não-freudianas da personalidade.** Tradução de Elizabeth Tunes. São Paulo, EPU, 1973.

GIRCOREANO, José Paulo; PACCA, Jesuína Lopes de Almeida. **O ensino da óptica na perspectiva de Compreender a Luz e a visão.** Cad.Cat.Ens.Fís. v. 18, n.1: p. 26-40, abr. 2001.

GLASERFELD, Ernest. V. **Introducción al constructivismo radical,** en Watzlawick, P.: La realidad inventada. Gedisa. Barcelona. 1990.

GOBARA, Shirley Takeco; GARCIA, João Roberto Barbosa. **As licenciaturas em Física das universidades brasileiras: um diagnóstico da formação inicial de professores de Física.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 4, p. 519-525, 2007.

GÖDEL, Kurt. **Incompletude: a prova e o paradoxo de Kurt Gödel.** Companhia das letras. 2008.

GOLDFARB, José Luiz; FERRAZ, Márcia H. M. (orgs). **Anais do VII Seminário Nacional de História da Ciência e da Tecnologia e da VII Reunião da Rede de Intercâmbios para a História e a Epistemologia das Ciências Químicas e Biológicas**. Fonte São Paulo; Sociedade Brasileira de História da Ciência; 2000. 472 p.

GOMES, W. B. **Primeiras noções da psique: das concepções animistas às primeiras concepções hierarquizadas em antigas civilizações**. Memorandum, 7, 32 – 46. Retirado em fafich. UFMG.br/~memorandum/artigos07/gomes01.htm. 2004.

HALL, Calvin S; LINDZEY, Gardner; CAMPBELL, John B. **Teorias da personalidade**. Trad. Maria Adriana Veríssimo Veronese. - 4ª ed. – Porto Alegre: artes médicas sul, 2000.

HALLIDAY, D; RESNICK, R; WALKER, J. **Fundamentos de física**. V.4; 4ª ed., Rio de JANEIRO: ED. LIVROS TÉCNICOS E CIENTÍFICOS, 1995.

HEISENBERG, Werner. **Física e filosofia**. Brasília: ed. UNB. 1987

HESSEN, Joannes. **Teoria do conhecimento**. São Paulo; Martins Fontes. 1999.

HEWSON, P.W. & THORLEY, R. **The conditions of conceptual change in the classroom**. International Journal of Science Education, 11(5): 541-553. 1989.

KELLY, George. A. **A theory of personality – The psychology of personal constructs**. New York: W.W. Norton e Company, 1963.

LIMA, Kilma da Silva. **Compreendendo as concepções de avaliação de professores de física através da teoria dos construtivos pessoais**. Dissertação (mestrado). Recife: UFRPE, 2008.

LINDER, C.J. **A challenge to Conceptual Change**. Science Education, 77(3): 293-300. 1993.

LYRA, Maria Alice Farias de Moraes. **Análise do uso de um texto didático sobre o conceito de calor numa abordagem kellyana.** Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). Universidade Federal Rural de Pernambuco: Recife, 2006. 142 p.

MARTON, F. **Phenomenography - Describing conceptions of the world around us.** *Instructional Science*, 10: 177-200. 1981.

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

MINAYO, m. c. de s. & SANCHES, o. **Quantitativo-qualitativo: oposição ou complementaridade?** *Cad. saúde pública*, 9: 239-62, 1993.

MOREIRA, Marco Antonio. **Teorias de aprendizagem.** São Paulo: EPU, 2005.

MORIN, Edgar. **Educar na era planetária: o pensamento complexo como método de aprendizagem no erro e na incerteza humana.** São Paulo: Cortez; Brasília, DF: UNESCO, 2003.

MORTIMER, E.F. **Pressupostos epistemológicos para uma metodologia de ensino de química: mudança conceitual e perfil epistemológico.** *Química Nova*, 15 (3): 242-249. 1992.

MORTIMER, E.F. **Construtivismo, Mudança Conceitual e Ensino de Ciências: Para Onde Vamos?** In: <http://www.if.ufrgs.br/public/ensino/N1/2artigo>. 1997.

NAVIA, Ricardo. **Verdade, racionalidade e relativismo em H. Putnam.** Coleção filosofia. EDIPUCRS, 1981.



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

OLIVEIRA, Fábio Ferreira de; VIANNA, Deise Miranda; GERBASSI, Reuber Scofano. **Física moderna no ensino médio; o que dizem os professores.** Revista brasileira de ensino de Física, v.29, n.3,p.447-454, abr.2007.

PENA, Fábio Luís Alves; FILHO, Aurino Ribeiro. **Relação entre a pesquisa em ensino de física e a prática docente: dificuldades assinaladas pela literatura nacional da área.** Cad. Bras. Ens. Fís., v. 25, n. 3: p. 424-438, dez. 2008.

PINTO, A. Custódio; ZANETIC, João. **É possível levar a física quântica para o ensino médio?** Cad.cat.ens.fís., v. 16, n. 1: p. 7-34, abr. 1999.

RICARDO, Elio. C; FREIRE, Janaina C.A. **A concepção dos alunos sobre a Física do ensino médio: um estudo exploratório.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 29, n. 2, p. 251-266, 2007.

REIS, José Claudio; GUERRA, Andréia; BRAGA, Marco. **Ciência e arte: relações improváveis?** Disponível em: <http://webearte.net/artigos>. Acesso em: 13 abr. 2010.

ROBINSON, Howard. **Dualism, the stanford encyclopedia of philosophy.** Zalta (ed). 2003

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

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

ROWELL, J.A. & DAWSON, C. **Equilibration, conflict and instruction: A new classoriented perspective.** European Journal of Science Education, 7(3): 331-344. 1984.

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

SANTOS, Renato P. dos. **Uma Proposta para o Perfil Conceitual do Conceito de Massa na Física.** In: anais do IX EPEF- Encontro de pesquisa em ensino de Ciências. Jaboticatubas/MG, SBF, 26 a 29 de Outubro de 2004. São Paulo: Sociedade Brasileira de Física - SBF, 2005.

SCOTT, P.H. **Planning Secondary School Science Teaching with Children's thinking in Mind.** Paper presented at BERA, Stirling, August 1992.

SILVA, Ana Paula Teixeira Bruno. **Investigando as concepções sobre força durante o ciclo da experiência kellyana.** Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). Universidade Federal Rural de Pernambuco: Recife, 2007. 156 p.

SILVA, Cibelle Celestino e MOURA, Breno Arsioli. **A natureza da ciência por meio do estudo de episódios históricos: o caso da popularização da óptica newtoniana.** Revista Brasileira de Ensino de Física, v. 30, n. 1, 1602, 2008.

SILVA FILHO, Abdias José da. **Uso de situações do cotidiano para investigar a utilização de conceitos de eletricidade por alunos do ensino médio e de um curso profissionalizante.** Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). Universidade Federal Rural de Pernambuco: Recife, 2007.

SILVA JUNIOR, Wilson G. **Física quântica: dificuldades de ensinar a natureza da Luz no ensino médio.** Monografia de conclusão de graduação (licenciatura em Física). Universidade Federal Rural de Pernambuco: Recife, 2006. 49 p.

TANAKA, Oswaldo; MELO, Cristina. **Avaliação de programas de saúde do adolescente- um modo de fazer.** São Paulo: Edusp, 2001.

TERRAZAN, Eduardo Adolfo. **A inserção da Física Moderna e Contemporânea no ensino de Física na escola do 2º grau.** Caderno brasileiro do Ensino de Física, v. 9, n. 3: p. 209-214, dez. 1992, pág. 211.

TURUDA, Charles Teruhiko. **Estudo da fragmentação em sistemas de construtos kellyanos associados ao conceito de cor.** Dissertação (Mestrado em Ensino das Ciências). Universidade Federal Rural de Pernambuco: Recife, 2010.

VYGOTSKY, L. S. **Pensamento e linguagem.** São Paulo: Martins Fontes, 1999.

ZANETIC, J. **Textos de evolução, da disciplina evolução dos conceitos da física.** São Paulo: Universidade de São Paulo, 1995.

## **APÊNDICE**

# APÊNDICE A – RESULTADO DA ENTREVISTA COM O SUJEITO A

QUESTIONÁRIO – PROFESSOR:

A

1. ESCOLA: MINISTRO JARDAS PASSARINHO - ENS REGULAR & EJA
2. MINISTRA AULA EM MAIS ALGUMA INSTITUIÇÃO? EAMPE
3. QUAIS AS DISCIPLINAS QUE MINISTRA OU JÁ MINISTROU? FÍSICA  
QUÍMICA  
MATEMÁTICA
4. QUAL A SUA FORMAÇÃO? LICENCIADO, ENGENHARIA OU BACHAREL? DISCIPLINA? LIC ; ESPECIALIZADO: ENS de FÍSICA
5. EM QUE ANO FORMOU-SE? 2004
6. HÁ QUANTOS ANOS VOCÊ ENSINA? DESDE 2000.
7. SE NÃO É FORMADO EM QUE PERÍODO ESTÁ? \_\_\_\_\_
8. INSTITUIÇÃO EM QUE FEZ OU FAZ A GRADUAÇÃO? ESPECIALIZAÇÃO NA RURAL  
MESTRADO RURAL
9. TEM PÓS-GRADUAÇÃO? ÁREA FÍSICA APLICADA
10. POR QUÊ ESSA PÓS GRADUAÇÃO MESTRADO: 1. CONHE DE FÍSICA  
2. APROFUNDAMENTO  
3. ESSA ESPECIALIZAÇÃO: 1. OFERECIDA P/ ESTADO  
2. BUSCA P/ FARM CONTINUA  
3. SIM A EDUCAÇÃO A NÍVEL DE PRÁTICA  
COM CIÊNCIA
11. AONDE CURSOU OU CURSA? UFRPE
12. OS ALUNOS UTILIZAM, PARA AS AULAS, ALGUM LIVRO DIDÁTICO? QUAL? OS ALUNOS Ñ USAM PREGUIZA  
CIENC E TECNOLOGIA DE PENTEARDO
13. COMO FOI A ESCOLHA DO LIVRO QUE OS ALUNOS RECEBERAM? EM 2004 ESCOLHEU JUNTO COM A OUTRA PROF.  
AS FACES DA FÍSICA AUVARENGA  
& ELE ⇒ pelas aplic tecnológicas  
UFRPE  
PNLD  
INÍCIO 2008 CHEGOU o de FÍS BEATRIZ GERAL  
O PREF ESCOLHEU

14. PARA A ELABORAÇÃO DAS AULAS VOCE UTILIZA O MESMO LIVRO?, OUTRO  
FÍSICA CLASSICA
15. COMO SE DÁ O PLANEJAMENTO? PLANEJA JUNTO 2 VEZES P/ MÊS
16. QUAL O MATERIAL PARA O PLANEJAMENTO?  
LIVROS: GASPAR AVARENGA P/ COMPLEMENTAR CLÁSSICA  
P/2010  
PLANEJAMENTO ANUAL DE ACORDO C/A MODALIDADE DE ENS.
17. AMBIENTE DE AULA: LABORATÓRIO OU SALA DE AULA? SALA DE AULA  
de INFORMATICA
18. QUAIS OS ASSUNTOS MAIS ABORDADOS NAS SÉRIES QUE VOCE LECIONA?  
CINEMATICA DINÂMICA ELETRICIDADE ÓPTICA 2 ONDAS NUNCA
19. QUANDO OCORRE A ABORDAGEM SOBRE A LUZ? EM QUE MOMENTO?  
SÓ NO 3º ANO ← → OTICA  
EM ELETRROMAGNETISMO
20. POR QUE VOCÊ ACHA IMPORTANTE TRABALHAR ESTE CONTEÚDO?  
CLARO
21. COMO VOCÊ ABORDA A LUZ COM OS ALUNOS? POR QUE ÉSSA ESCOLHA?  
COMEÇA P/ ÓTICA  
MAS TAMBÉM EM ELETROM
22. VOCÊ ACHA IMPORTANTE E/OU POSSÍVEL ABORDAR A LUZ COMO ONDA OU COMO PARTÍCULA?  
NÃO FALA DAS CONCEPÇÕES em ÓTICA ELES NÃO RELACIONAM COM ONDA E PARTÍCULA  
NÃO HA PROF P/ FALTA DE TEMPO  
CONTA A "HISTÓRIA DA LUZ" ISSO NO 3º
23. E O COMPORTAMENTO DUAL DA LUZ, ONDA-PARTÍCULA. VOCÊ TRABALHA?  
ACHA POSSÍVEL OU IMPORTANTE.  
PORÉM PRECISO TRABALHAR ACHO  
ONDAS.

## APÊNDICE B - RESULTADO DA ENTREVISTA COM O SUJEITO B

### QUESTIONÁRIO - PROFESSOR:

**B**

1. ESCOLA: PAULO GUERRA ; PROF...
2. MINISTRA AULA EM MAIS ALGUMA INSTITUIÇÃO?  
HUMBERTO CASTELO BRANCO  
ESTADUAL
3. QUAIS AS DISCIPLINAS QUE MINISTRA OU JÁ MINISTROU?  
FÍSICA (90%)  
MATEMÁTICA (10%)
4. QUAL A SUA FORMAÇÃO? LICENCIADO, ENGENHARIA OU BACHAREL?  
DISCIPLINA?
5. EM QUE ANO FORMOU-SE? 1994.1
6. HÁ QUANTOS ANOS VOCÊ ENSINA? 12 ANOS
7. SE NÃO É FORMADO EM QUE PERÍODO ESTÁ?  
LICENCIANDO EM FÍSICA CONCLUI EM 2010
8. INSTITUIÇÃO EM QUE FEZ OU FAZ A GRADUAÇÃO?  
ENG. CIVIL - UNICAP } UFRPE
9. TEM PÓS-GRADUAÇÃO? ÁREA  
ESPECIALISTA EM ENSINO DAS CIÊNCIAS CONCLUIU 2006
10. POR QUÊ ESSA PÓS GRADUAÇÃO  
TRABALHO → ENSINO
11. AONDE CURSOU OU CURSA?
12. OS ALUNOS UTILIZAM, PARA AS AULAS, ALGUM LIVRO DIDÁTICO? QUAL?  
SIM, UNIVERSO DA FÍSICA CALÇADA & SAMPAIO
13. COMO FOI A ESCOLHA DO LIVRO QUE OS ALUNOS RECEBERAM?  
AS OPÇÕES JÁ VÊM; UMAS 5 PNLD

14. PARA A ELABORAÇÃO DAS AULAS VOCE UTILIZA O MESMO LIVRO?

J.

O MESMO

+  
TÓPICOS

+  
APOSTILAS

HISTÓRIA DA  
FÍSICA DE ERNANDE

15. COMO SE DÁ O PLANEJAMENTO?

16. QUAL O MATERIAL PARA O PLANEJAMENTO?

+ FÍSICA CLÁSSICA  
PROVAS DE VESTIBULAR

17. AMBIENTE DE AULA: LABORATÓRIO OU SALA DE AULA? OS DOIS

2000 ALUNOS

12 TURMAS

4 AULAS/SEMANA

18. QUAIS OS ASSUNTOS MAIS ABORDADOS NAS SÉRIES QUE VOCE LECIONA?

1º MECÂNICA / 2º ÓPTICA, ONDAS e TERMO

19. QUANDO OCORRE A ABORDAGEM SOBRE A LUZ? EM QUE MOMENTO?

2º ANO EM ÓPTICA

20. POR QUE VOCÊ ACHA IMPORTANTE TRABALHAR ESTE CONTEÚDO?

APLICAÇÃO NO DIA-DIA CD E DVD, CORES  
SOMBRA E PENUMBRA

21. COMO VOCÊ ABORDA A LUZ COM OS ALUNOS? POR QUE ESSA ESCOLHA?

SALA e LABORATÓRIO ÓPTICA GEOMÉTRICA

22. VOCÊ ACHA IMPORTANTE E/OU POSSÍVEL ABORDAR A LUZ COMO ONDA OU COMO PARTÍCULA?

PARTÍCULA e ONDA

23. E O COMPORTAMENTO DUAL DA LUZ, ONDA-PARTÍCULA. VOCÊ TRABALHA? ACHA POSSÍVEL OU IMPORTANTE.

SIM



## APÊNDICE C – RESULTADO DA ENTREVISTA COM O SUJEITO C

### QUESTIONÁRIO – PROFESSOR:

C

1. ESCOLA:
2. MINISTRA AULA EM MAIS ALGUMA INSTITUIÇÃO? EAMPE  
DAMAS  
M. NASSAU -  
FAFIRE
3. QUAIS AS DISCIPLINAS QUE MINISTRA OU JÁ MINISTROU? FÍSICA  
ESTATÍSTICA P/ ADM  
CÁLCULO  
MATEMÁTICA
4. QUAL A SUA FORMAÇÃO? LICENCIADO, ENGENHARIA OU BACHAREL?  
DISCIPLINA?
5. EM QUE ANO FORMOU-SE? 2000
6. HÁ QUANTOS ANOS VOCÊ ENSINA? 1997
7. SE NÃO É FORMADO EM QUE PERÍODO ESTÁ?
8. INSTITUIÇÃO EM QUE FEZ OU FAZ A GRADUAÇÃO? UFPE
9. TEM PÓS-GRADUAÇÃO? ÁREA MESTRADO (RURAL)  
ENS. DAS CIÊNCIAS
10. POR QUÊ ESSA PÓS GRADUAÇÃO  
QUALIFICAÇÃO P/ ENSINO  
PRÁTICA, CONT'DI PROF.
11. AONDE CURSOU OU CURSA?
12. OS ALUNOS UTILIZAM, PARA AS AULAS, ALGUM LIVRO DIDÁTICO? QUAL? APOSTILA
13. COMO FOI A ESCOLHA DO LIVRO QUE OS ALUNOS RECEBERAM? ELABORADA  
PELOS 3 PROF<sup>s</sup>

14. PARA A ELABORAÇÃO DAS AULAS VOCE UTILIZA O MESMO LIVRO? **APÓSTILA**
15. COMO SE DÁ O PLANEJAMENTO? **ENS MÉDIO** **SIM + CHESMAN**
16. QUAL O MATERIAL PARA O PLANEJAMENTO? **PLANEJ INDIVIDUAL** → **DOS RAIOS X AOS QUARZOS**  
**- HALLYDAY**  
**- TRIPLE**
17. AMBIENTE DE AULA: LABORATÓRIO OU SALA DE AULA? **SALA**
18. QUAIS OS ASSUNTOS MAIS ABORDADOS NAS SÉRIES QUE VOCE LECIONA?  
**ÓTICAS, ONDA E F. MODERNA**
19. QUANDO OCORRE A ABORDAGEM SOBRE A LUZ? EM QUE MOMENTO?  
**1º em ÓTICA**  
**2º ONDA**  
**3º F. MODERNA**
20. POR QUE VOCÊ ACHA IMPORTANTE TRABALHAR ESTE CONTEÚDO?  
**APLICAÇÃO NO DIA-DIA** **LUZ**
21. COMO VOCÊ ABORDA A LUZ COM OS ALUNOS? POR QUE ESSA ESCOLHA?  
**- QUESTIONANDO O CONCEITO?**  
**- FENÔMENOS**  
**- EXPERIÊNCIA EM SALA**
22. VOCÊ ACHA IMPORTANTE E/OU POSSÍVEL ABORDAR A LUZ COMO ONDA OU COMO PARTÍCULA?  
**SIM, SIM**
23. E O COMPORTAMENTO DUAL DA LUZ, ONDA-PARTÍCULA. VOCÊ TRABALHA? ACHA POSSÍVEL OU IMPORTANTE. **↳ SIM**

**APÊNDICE D – MATRIZ DO REPERTÓRIO DO PROFESSOR B**

LUZ

**MATRIZ DO REPERTÓRIO**

PENSA

SUBINDO NA GRADE

DESCENDO

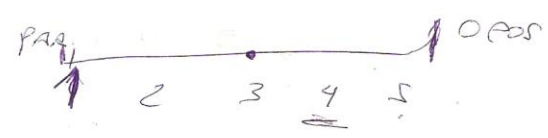
POLO DE SEMELHANÇA	10 11 12										POLO DE CONTRASTE	
	E <sub>1</sub>	E <sub>2</sub>	E <sub>3</sub>	E <sub>4</sub>	E <sub>5</sub>	E <sub>6</sub>	E <sub>7</sub>	E <sub>8</sub>	E <sub>9</sub>	E <sub>10</sub>		
CONTINUIDADE	5	1	1	-3	-3	-3	4	4	4	2	2	UNIDADE
CORPUSCULAR	4	4	4	1	1	5	-3	-3	-3	-3	-3	ONDA
P. ESPESSURA	-3	-3	-3	4	2	2	1	1	5	4	4	ESPESSURA
<del>ONDA</del>	<del>2</del>	<del>2</del>	<del>2</del>	<del>1</del>	<del>1</del>	<del>5</del>	<del>-3</del>	<del>-3</del>	<del>-3</del>	<del>-3</del>	<del>-3</del>	<del>PARTICULAR</del>
ERUJA	2	4	4	4	4	2	4	4	4	1	1	<del>EFEITO</del>

- E<sub>1</sub> = FÓTON
- E<sub>2</sub> = QUANTUM
- E<sub>3</sub> = QUANTA
- E<sub>4</sub> = REFRAÇÃO
- E<sub>5</sub> = REFLEXÃO
- E<sub>6</sub> = DIFRAÇÃO
- E<sub>7</sub> = ESPELHO PLANO
- E<sub>8</sub> = " ESFÉRICO
- E<sub>9</sub> = LENTES
- E<sub>10</sub> =

- E<sub>10</sub> { OLHO → 1
- E<sub>11</sub> { VISÃO → 1
- E<sub>12</sub> { OQUE OBSERVADO

$$\lambda = \frac{h}{m\nu} = \frac{6,64 \cdot 10^{-34}}{10^{-2} \cdot 10^3} =$$

$$\frac{c_1}{c_2} = \frac{1}{|E_1 - E_6|} = \frac{1}{-3}$$



APÊNDICE E - MATRIZ DO REPERTÓRIO DO PROFESSOR C

"LUZ"

SEMELH	$E_1$	$E_2$	$E_3$	$E_4$	$E_5$	$E_6$	$E_7$	$E_8$	CONTRASTE
ONDA	1	1	5	1	5	1		2	CONTRASTE
ENERGIA	1	1	5	1	5	1		2	AMPLITUDE
CAUSA SISTEMA ÓTICO	-3	-3	-3	-3	-3	-3		1	EFEITO OBJETIVO

$E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6$

$E_1 \rightarrow \lambda$

$E_7$  OLHO

$E_8$  VISÃO

$E_9$  OBJETO OBSERVADO

$E_2 \rightarrow$  ESPECTRO ELETROMAG

$E_3 \rightarrow$  EFEITO FOTOELÉ

$E_4 \rightarrow$  REFLEXÃO

$E_5 \rightarrow$  EF. COMPTON

$E_6 \rightarrow$  DISPERSÃO

$E_1, E_2, E_3, E_4, E_5, E_6, E_7, E_8, E_9$

1

2

3

4

5