



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA**

**O PERFIL CONCEITUAL DE RADIAÇÃO NA
FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA
NA UFG E SUAS PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO
PEDAGÓGICA PARA O ENSINO MÉDIO**

Geraldo Pereira da Silva Junior

**Goiânia
2011**

Geraldo Pereira da Silva Junior

O PERFIL CONCEITUAL DE RADIAÇÃO NA
FORMAÇÃO INICIAL DE PROFESSORES DE FÍSICA
NA UFG E SUAS PROPOSTAS DE INTERVENÇÃO
PEDAGÓGICA PARA O ENSINO MÉDIO

Dissertação apresentada ao
Programa de Mestrado em
Educação em Ciências e
Matemática da Universidade
Federal de Goiás como requisito
parcial para obtenção do título de
Mestre em Educação em Ciências
e Matemática.

Prof. Dr. Juan Bernardino Marques Barrio – Orientador

Goiânia

2011

**Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)
GPT/BC/UFG**

S586p Silva Junior, Geraldo Pereira da.
O perfil conceitual de radiação na formação de professores de física na UFG e suas propostas de intervenção pedagógica para o ensino médio [manuscrito] / Geraldo Pereira da Silva Junior. - 2011.
122 f. : il., figs, tabs.

Orientador: Prof. Dr. Juan Bernardino Marques Barrio.
Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Goiás, Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática, 2011.
Bibliografia.
Anexos.

1. Física moderna – Formação de professores. 2. Formação de professores – Ensino Médio - Física. I. Título.

CDU: 53.01:377.8

*Ao meu pai Geraldo e a minha mãe
Valdeci, figuras essenciais na minha
vida, que sempre me apoiaram e
incentivaram na busca dos meus
sonhos e objetivos.*

AGRADECIMENTOS

À minha família, por sempre estimularem meus estudos.

Ao professor Juan Bernardino, pela compreensão, pelo companheirismo, pela confiança depositada em mim e em meu trabalho, pela sabedoria com a qual me aconselhou e por sua orientação nos momentos em que perdi o foco.

Ao professor Norton Gomes, por ceder parte de sua aula em prol desta investigação.

A todos os professores do Mestrado em Educação em Ciências e Matemática, pois suas aulas foram de grande importância no meu crescimento profissional e pessoal.

Aos colegas de Mestrado por nossa curta, mas intensa convivência.

À Secretaria Estadual de Educação de Goiás pelo apoio concedido.

À Júnnia Pires de Amorim Trindade, pela paciência perante as minhas ausências.

Aos meus amigos e amigas que me incentivaram a concluir essa etapa de estudos.

Aos licenciandos do curso de Física da UFG que participaram desta investigação, sem os quais a mesma não seria possível.

Aos componentes da banca, Professora Teresa Cristina e Professor Luiz Gonzaga pelas contribuições ao trabalho.

A todos que, direta ou indiretamente, colaboraram com este trabalho.

JUNIOR, G.P. da S. *O perfil conceitual de radiação na formação inicial de professores de física na UFG e suas propostas de intervenção pedagógica para o ensino médio*. Dissertação apresentada ao programa de Mestrado em Educação e Ciências da UFG. Goiânia, 2011, 122p.

RESUMO

O estudo da Física Moderna e Contemporânea -FMC- no ensino médio é de suma importância, pois permite que os alunos dialoguem com os fenômenos físicos que estão por trás do funcionamento de aparelhos que são utilizados de forma corriqueira no cotidiano da imensa maioria das pessoas. No entanto, o ensino de física no nível médio não tem acompanhado os avanços tecnológicos e científicos ocorridos nas últimas décadas e tem se mostrado distante da realidade dos estudantes. Um currículo obsoleto, desatualizado e descontextualizado representa um problema tanto para os professores, quanto para os estudantes e torna a prática pedagógica, que normalmente resume-se ao desenvolvimento matemático no quadro de giz, monótona e desinteressante. As ideias prévias dos estudantes coexistem com as concepções científicas, tanto nos estudantes de ensino médio, quanto nos de graduação, e persistindo mesmo após a graduação. Mortimer na busca do entendimento desta coexistência configura a ideia do “perfil conceitual” a partir da observação do desenvolvimento histórico de um conceito científico tendo em vista seus obstáculos de ordem epistemológica e ontológica. Neste trabalho foi abordado o perfil conceitual de radiação apresentado por Zaiane, na perspectiva de reconhecer esta coexistência na formação inicial de professores de física. Acreditamos que este perfil pode ser capaz de proporcionar um entendimento do universo físico, microscópico, pertencente à FMC de forma a identificá-lo nos licenciandos, ao mesmo tempo que permite detectar intervenções pedagógicas que os futuros licenciados em Física acreditam ser essenciais para o ensino e a aprendizagem da FMC. O trabalho utiliza-se de uma opção metodológica do tipo qualitativo sendo desenvolvido com alunos do curso de Licenciatura em Física da UFG.

Palavras-chave: perfil conceitual; obstáculo epistemológico; aprendizagem da Física Moderna e Contemporânea.

JUNIOR, G.P. da S. *The conceptual profile of radiation in the initial training of teachers of physics at UFG and its proposed educational intervention for high school*. Dissertation submitted to the Master's program in Education and Science of UFG. Goiânia, 2011, 122p.

ABSTRACT

The study of Modern and Contemporary Physics -FMC- secondary education is very important because it allows students to hold discussions with the physical phenomena behind the operation of devices that are used so commonplace in everyday vast majority of people. However, the teaching of physics in high school has not followed the scientific and technological advances in the past decades and has been far from the reality of students. A curriculum obsolete, outdated and decontextualized poses a problem for both teachers and for students and makes teaching practice, which usually boils down to the mathematical development in the context of chalk, dull and uninteresting. The students' previous ideas coexist with scientific concepts, both in high school students, as we graduate, and persisting even after graduation. Mortimer in seeking to understand this coexistence configures the idea of "conceptual profile" from the observation of the historical development of a scientific concept in view of their obstacles epistemological and ontological. In this paper we address the conceptual profile Zañane presented by radiation from the perspective of recognizing this coexistence in the initial training of teachers of physics. We believe that this profile may be able to provide an understanding of the physical universe, microscopic, belonging to the FMC in order to identify it in undergraduates, while educational interventions to detect that future graduates in physics believe is essential for teaching and learning the FMC. The work makes use of a qualitative methodological trend being developed with students from the Bachelor's Degree in Physics from UFG.

Keywords: conceptual profile; epistemological obstacle; learning of Modern and Contemporary Physics.

LISTA DE ABREVIATURAS

EM – Ensino Médio

EF – Ensino Fundamental

FC – Física Clássica

FMC – Física Moderna e Contemporânea

HFC – História e Filosofia da Ciência

IES – Instituições de Ensino Superior

PCNs – Parâmetros Curriculares Nacionais

PNLEM - Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio

UFG – Universidade Federal de Goiás

WWW – World Wide Web

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – O Conceito científico do termo “radiação” inicialmente apresentado por cinco livros adotado pelo PNLEM/2011.....	45
-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Divisão dos Grupos da pesquisa.....	76
Tabela 2 – A Frequência de utilização das práticas/propostas pedagógicas para as diferentes teorias do perfil conceitual de radiação.....	96

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – O perfil epistemológico de Bachelard para o conceito de massa.....	37
Figura 2 – O perfil conceitual de radiação.....	47
Figura 3 – As subcategorias da teoria familiar.....	48

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Relação entre quantidade de licenciandos da amostra pesquisada e suas práticas docente.....	73
Gráfico 2 – Relação entre licenciandos e o tempo individual de prática docente.....	74
Gráfico 3 – Relação entre disciplinas ministradas e a quantidade de licenciandos.....	75
Gráfico 4 – Divisão percentual dos grupos da pesquisa.....	76
Gráfico 5 – Formação necessária para o ensino de radiação de acordo com os licenciandos.....	78
Gráfico 6 – Formação necessária para o ensino de radiação de acordo com os licenciandos do GRUPO I.....	79
Gráfico 7 – Formação necessária para o ensino de radiação de acordo com os licenciandos do GRUPO II.....	80

Gráfico 8 – Características relacionadas ao processo de ensino e de aprendizagem de radiação atribuídas pelos licenciandos de cada grupo da pesquisa.....	81
Gráfico 9 – Perfil conceitual de radiação dos licenciandos de Física da UFG.....	83
Gráfico 10 – Relação do perfil conceitual de radiação para os grupos da pesquisa.....	84
Gráfico 11 – Características apresentadas pelos licenciandos à respeito da relação entre o calor e a luz.....	85
Gráfico 12 – Relações apontadas pelos licenciandos a respeito das concepções iniciais dos estudantes sobre calor e luz.....	86
Gráfico 13 – Práticas de ensino apresentada pelos licenciandos para relacionar os fenômenos do calor e da luz com a quantização de energia.....	88
Gráfico 14 – Frequência de uso de diferentes práticas para o ensino e a aprendizagem de FMC.....	90
Gráfico 15 – Procedimentos metodológicos atribuídos às teorias do perfil conceitual de radiação.....	91

SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

INTRODUÇÃO 12

CAPÍTULO I – FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 19

1.1 - A formação de professores de física e o ensino de FMC..... 19

1.2 - A epistemologia de Gaston Bachelard..... 22

1.3 - Obstáculos epistemológicos – À procura de um pensamento Científico.....23

1.4 - O pensamento científico aplicado a um conceito – O perfil epistemológico..... 33

1.5 - Do perfil epistemológico de Bachelard ao perfil conceitual de Mortimer..... 37

CAPITULO II – POR QUE RADIAÇÃO? 41

2.1 - O conceito de radiação 42

2.1.1 - Diferentes definições do termo radiação 43

2.1.2 - A radiação nos livros didáticos 44

2.2 - O perfil conceitual de radiação segundo zaïne..... 46

2.2.1 - A teoria familiar 48

2.2.1.1 - A sub-categoria sensualista/
substancialista 49

2.2.1.2 - A sub-categoria materialista 51

2.2.1.3 - A sub-categoria de iluminação 55

2.2.2 - A teoria energética clássica 57

2.2.3 - A teoria da fotometria física 61

2.2.4 - A teoria energética quântica 67

CAPITULO III – METODOLOGIA E ESTRATÉGIA DE AÇÃO	70
3.1 - Etapas da pesquisa	72
3.1.1. Os sujeitos da pesquisa	73
3.2 - Resultados e análise dos dados.....	77
3.2.1. Concepção dos licenciandos à respeito do ensino de radiação	77
3.2.2. Concepção dos licenciandos à respeito dos termos calor, luz e radiação	82
3.2.3. Concepção dos licenciandos sobre intervenções pedagógicas acerca do perfil conceitual de radiação	87
 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	93
 REFERÊNCIAS.....	98
 ANEXOS	105

INTRODUÇÃO

“Vivemos numa sociedade que acredita poder definir o que é normal e então julgar tudo com base nesse padrão fictício. Empenhamo-nos em nivelar as diferenças, em ajustar tudo aos padrões, em definir parâmetros. Porém, na vida, o novo só pode aparecer como diferença. Se não estamos procurando diferenças, não podemos ver que tudo mudou e, em consequência, não temos condições de reagir a isso”.

(Wheatley)

Como se me apresentaria o mundo se eu pudesse viajar em um raio de luz?. Perguntas como esta de Albert Einstein, com grande impacto cultural em muitas áreas do conhecimento, permitem entender como a Física Moderna e Contemporânea -FMC- introduziu um novo modo de ver e de pensar o mundo.

Nas últimas décadas os avanços científicos e tecnológicos têm despertado na sociedade, olhares mais atentos sobre temas relacionados às ciências de uma forma geral, e sobre a física, em particular. Porém é preocupante como o ensino de física no ensino médio não tem acompanhado esse desenvolvimento, se distanciando das necessidades dos alunos no que diz respeito ao estudo de conhecimentos científicos mais atuais. Isto, apesar de que a legislação brasileira coloca como sendo uma das competências e habilidades a serem desenvolvidas no ensino de Física *“Compreender a Física presente no mundo vivencial e nos equipamentos e procedimentos tecnológicos. Descobrir o “como funciona” de aparelhos”* (BRASIL, 1998, p.29). Nesse sentido, a FMC, nas sociedades contemporâneas, é parte constitutiva da alfabetização científica dos alunos.

No Brasil, apesar de que a grande maioria dos livros de Ensino Médio -EM- terem introduzido tópicos de FMC em seus conteúdos, a estrutura deste nível de ensino revela dificuldades para sua efetivação, quer seja pela pequena carga horária destinada ao ensino de Física, e, por conseguinte à FMC, quer seja pela sequência programática que privilegia a cinemática e a dinâmica, e até mesmo pela pressão do vestibular onde, estes conceitos são

muito pouco “cobrados”. Este último aspecto têm sido minimizado na medida em que muitas universidades têm inserido conteúdos de FMC nas suas provas de vestibular, forçando os colégios a se adaptarem à essa nova realidade.

No entanto, mesmo que o ensino de temas atuais da física, relacionados a FMC, possa contribuir para transmitir aos alunos uma visão mais correta dessa ciência e da natureza do trabalho científico, ao buscar *superar uma visão linear do desenvolvimento científico, hoje presente nos livros didáticos e nas aulas de física* (OSTERMANN E MOREIRA, 2000, p. 392). As explicações de grande parte dessa excitante evolução tecnológica e científica proporcionada por definições e conceitos que envolvem a FMC, que poderia motivar os estudantes na busca de uma compreensão mais ampla das ciências, fica, na grande maioria das vezes, restritas apenas para os pesquisadores e/ou professores de ensino superior.

Um dos fatores que contribuem para essa realidade é a defasagem entre o conteúdo existente no currículo de física e aquilo que o aluno é informado, pela mídia escrita e falada, sobre os avanços e descobertas científicas no campo da física. É comum, nas aulas de física, os alunos trazerem discussões sobre assuntos que leram ou ouviram em revistas, jornais e telejornais e que, por serem mais atuais e/ou estarem presentes no seu no dia a dia, despertam-lhes um interesse em conhecer e entender que princípios físicos explicam dado fenômeno. Por isso, o professor não deve ignorar essa necessidade própria do ser humano de compreender como são feitas as “coisas”, e deve estar preparado para trabalhar com essa realidade.

A lacuna provocada por um currículo de física desatualizado resulta numa prática pedagógica desvinculada e descontextualizada da realidade do aluno. Isso não permite que ele compreenda qual a necessidade de se estudar essa disciplina que, na maioria dos casos, se resume em aulas baseadas em fórmulas e equações matemáticas, excluindo o papel histórico, cultural e social que a física desempenha no mundo em que vive. (OLIVEIRA et al., 2007, p. 448)

Ostermann e Moreira (2000), a partir de uma revisão da literatura sobre a atualização do currículo de física do ensino médio, apontam algumas medidas para que este seja mais atual e contextualizado:

- Despertar a curiosidade dos alunos e ajudá-los a reconhecer a Física como um empreendimento humano;
- Os estudantes ouvem falar em temas na televisão ou em filmes de ficção científica, mas nunca nas aulas de Física;
- É possível ensinar FMC no ensino médio, tanto nos conteúdos conceituais como atitudinais, a questão é como abordá-los;
- As dificuldades de aprendizagem da FMC não são diferentes dos conteúdos de Física Clássica -FC-;
- Os alunos podem aprender FMC desde que os professores estejam preparados para isso e disponham/utilizem recursos pedagógicos adequados.

De fato, a constante prática do formalismo matemático adotada pelos professores nas explicações dos conceitos físicos, demonstra para o estudante apenas uma visão final do processo científico tornando-o descontextualizado historicamente e sem nenhum vínculo com a realidade dos estudantes.

É importante ressaltar que a atualização do currículo não pode ser desvinculada da preocupação com a formação inicial e continuada de professores. Não basta introduzir novos assuntos que proporcionem análise e estudos de problemas mais atuais se não houver uma preparação adequada dos alunos das licenciaturas para esta mudança e se o profissional em exercício não tiver a oportunidade de se atualizar. Os professores precisam ser os atores principais no processo de mudança curricular, pois serão eles que as implementarão na sua prática pedagógica. (OLIVEIRA et al., 2007, p. 448)

Ao escolher o caminho de introduzir a FMC, o professor deve-se atentar para uma compreensão da Física que deverá ser apresentada para o estudante de forma a romper com o desinteresse destes com a aprendizagem de Física. Nessa linha de pensamento, nas últimas décadas importantes reflexões a respeito do ensino e da aprendizagem de FMC têm contribuído para uma melhoria na qualidade do ensino e da aprendizagem das diversas áreas da Física. Assim, é esta necessidade de compreender uma nova Física que atualmente provoca, no ensino de ciências, uma profunda reflexão sobre a atual formação dos professores de Física.

Em resumo, na literatura sobre física moderna e currículo de física contemporânea, particularmente no ensino médio, há vários argumentos para a inclusão de temas atuais no currículo, as diferenças metodologia sobre como incluir algumas sugestões sobre os temas a incluir e algumas pesquisas sobre experiências em sala de aula. Áreas importantes da física moderna e contemporânea não são referidas na literatura. Além disso, questões sobre a formação de professores para ensinar esses temas e a elaboração de materiais didáticos adequado para professores e alunos também são pouco trabalho nos artigos. (OSTERMANN e MOREIRA, 2000, p. 392-393)

É importante salientar que as Instituições de Ensino Superior (IES) não apresentam objetivos claros sobre o ensino de FMC na formação dos professores de Física. E é essa abstenção das IES que refletem diretamente na visão de “como ensinar” dos licenciandos que ao serem encaminhados à prática docente tendem a repetir esse formalismo matemático, oriundo de uma visão tradicional em sua própria formação.

Tendo em vista estes problemas apresentados, a principal questão está relacionadas à procura de uma resposta acerca da maneira de ensinar FMC, de forma que motive os estudantes e responda suas indagações sobre a compreensão de como “tudo funciona”. Porém, um dos problemas enfrentados na procura de uma melhor forma de ensinar FMC é o rompimento conceitual que este traz dos conceitos Físicos já construídos, oriundos da FC e do senso comum trazido pelos estudantes.

É de fundamental importância que o professor termine sua formação inicial com clareza entre as diferenças da FMC e da FC. Isto porque, os estudantes, ao serem apresentados aos novos conceitos da FMC, passam de uma visão clássica da Física, que é determinística e estudada durante toda sua formação inicial, para uma visão quântica e relativística da Física que mostra incertezas, tornando a Física probabilística. O professor deve reconhecer que esse rompimento não é fácil de ser compreendido pelo estudante, sendo esta incompreensão responsável por provocar varias indagações sobre a Física como um todo se tornando assim um grande obstáculo para a compreensão da própria FMC.

Para a ruptura desse obstáculo é necessário inicialmente que o professor de Física promova sua mudança conceitual, proporcionada pela FMC, de forma reflexiva em sua formação inicial. Desta forma é necessário que os cursos de formação de professores proporcionem a aprendizagem de certos conceitos fundamentais em ciências, sob uma perspectiva histórica, levando em consideração as ideias prévias oriundas do convívio familiar ou social.

Conseqüentemente, um dos grandes desafios a ser tratado nas relações ensino-aprendizado é o ensino de conceitos em ciências, tendo em vista os obstáculos de ordem epistemológica e ontológica, enfrentados tanto por alunos como também por professores, face às concepções alternativas sobre tais conceitos que os alunos trazem para sala de aula e que tendem a se manter inclusive após sua graduação. (RADÉ, 2005, p.6)

Diante dessa busca em formar um licenciando capaz de obter de forma reflexiva, diferentes visões a cerca da FMC, um possível caminho é que ele tenha, em sua formação inicial, uma abordagem dos conceitos que envolvem a FMC a partir da noção de “perfil conceitual” apresentada por MORTIMER (2006). Este perfil conceitual, fundamentado no perfil epistemológico de BACHELARD (1996), busca promover o entendimento das diferentes interpretações de um conceito dando ao mesmo uma visão do processo histórico de sua construção em ciências, considerando suas noções primeiras, de caráter não científico, e enfatizando seu desenvolvimento no uso como descrição dos fenômenos científicos.

Vários estudos sobre diferentes conceitos científicos, baseados na abordagem do perfil conceitual, já foram realizados nas pesquisas em Ciências. Podemos destacar: na **Química** os conceitos de reações químicas, átomo e de estados físicos dos materiais (MORTIMER, 1994), calor (MORTIMER & AMARAL, 2001), espontaneidade (AMARAL & MORTIMER, 2001), transformação (SCHNETZLER & ROSA, 1997) e energia (MICHINEL & ALMEIDA, 2000); na **Bioquímica** o conceito de energia (OLIVEIRA et al., 2003); na **Matemática** o conceito de função (CARRIÃO, 1998) e na **Física** os conceitos de periodicidade (GOBARA, 1997), radiação (ZAIÑANE, 2003),

massa (SANTOS, 2005), força (RADÉ, 2005) e de luz e visão (DRUZIAN et al., 2007).

Embora tenha-se estudado vários conceitos dentro desta perspectiva do perfil conceitual, para o desenvolvimento deste trabalho foi selecionado o perfil do conceito de radiação proposto por Zaiane (2003) por ser um dos conceitos com a maior interação com a FMC, além de possuir em suas concepções científicas e não científicas um largo espectro histórico para uma análise mais crítica sobre a FMC.

Neste quadro do ensino de FMC no Ensino Médio -EM-, a problematização principal deste trabalho de investigação se elabora no sentido de *considerando o perfil conceitual de radiação proposto por Zaiane, caracterizar este perfil em licenciandos de Física da UFG, assim como quais são suas possíveis propostas de intervenção pedagógica para a futura ação docente no ensino de FMC.*

Tendo como referencial teórico a perspectiva do perfil conceitual, no qual os conceitos científicos têm em sua essência uma evolução histórica e ontológica; e o fato de que os estudantes são submetidos a uma abordagem puramente tecnicista nas definições conceituais, que não levam em consideração o senso comum vigente em seu contexto além da necessidade de formar professores mais reflexivos sobre sua ação. Nesse sentido, pretende-se neste trabalho:

- I) Realizar um levantamento histórico das categorias conceituais de radiação estabelecidas no trabalho de Zaiane para uma melhor compreensão da coexistência do senso comum e do conceito científico de radiação.
- II) Observar nos licenciandos as diferentes concepções a respeito do processo de ensino e de aprendizagem do ensino de radiação em sua formação.
- III) Identificar nos licenciandos as características do perfil conceitual de radiação bem como dos fenômenos do calor e da luz.
- IV) Identificar nos licenciandos as diferentes práticas/propostas de intervenção pedagógicas concebidas a cerca do perfil conceitual de radiação proposto por Zaiane.

Busca-se com esta problematização contribuir para uma melhor/maior qualidade do ensino de Física, através de uma reflexão/discussão sobre a formação dos futuros professores de Física. Na busca destes objetivos apresentados, estrutura-se este trabalho em três capítulos, nas considerações finais, nas referências bibliográficas que dão suporte à mesma, bem como de outras que serviram de leitura complementar importante para a elaboração final deste trabalho. Nos anexos estão apresentados o questionário aplicado e a proposta de trabalho docente.

No **CAPÍTULO 1** será apresentada a fundamentação teórica estabelecida em três partes: a primeira dá destaque a pesquisas que enfocam a necessidade de atribuir novas metodologias na formação de professores de Física; a segunda que apresenta características essenciais da filosofia bachelardiana na qual destaca-se as ideias de rupturas e descontinuidades, a superação de obstáculos epistemológicos, e a retificação do erro entre outras que evidencia a dialética entre o racionalismo e o empirismo; e por último, a terceira parte, onde se apresenta a concepção de perfil conceitual e sua relação com a filosofia bachelardiana.

O **CAPÍTULO 2** busca relacionar as diferentes concepções do termo radiação e sua influencia no ensino de FMC, bem como a evolução histórica deste conceito baseado nas diferentes categorias do perfil conceitual de radiação proposto por Zaïane.

No **CAPÍTULO 3** será detalhado o aspecto metodológico da pesquisa, que tem como instrumento para coleta dos dados. Além do detalhamento da metodologia do trabalho, este capítulo traz a análise dos dados obtidos através do questionário e os resultados das diferentes práticas/propostas adotadas pelos licenciandos da pesquisa de forma a buscar as implicações e contribuições na formação inicial dos licenciandos, e de suas futuras práticas educativas.

Nas considerações finais deste trabalho é abordada, entre outras coisas, a pertinência da abordagem proposta tendo em vista as reflexões obtidas pelos licenciandos na qual será observado as criticas e sugestões apontadas no questionário além de apontar possibilidades de futuras investigações e perspectivas de novos trabalhos.

CAPITULO I

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

“Para ensinarmos um aluno a inventar precisamos mostrar-lhe que ele já possui a capacidade de descobrir”.

(Gaston Bachelard)

Neste capítulo são estabelecidos dois polos de referência para o desenvolvimento da fundamentação teórica deste trabalho: o primeiro, vinculado à necessária atribuição de novas estratégias na formação de professores de Física com enfoque em recentes pesquisas que atribuem à necessidade de novas metodologias no ensino de FMC; e o segundo voltado para a análise das concepções alternativas dos estudantes sobre um determinado conceito científico pautado na filosofia de Gaston Bachelard. Isto, dando ênfase ao perfil epistemológico proposto na obra “A filosofia do Não”, e no perfil conceitual de Mortimer que em sua origem utiliza-se da noção de perfil epistemológico de Bachelard correlacionando com características ontológicas do conceito.

1.1 A FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE FÍSICA E O ENSINO DE FMC

Remeter a justificativas extremas para demonstrar a necessidade da introdução de conceitos de FMC no EM não é mais necessário, visto que na atualidade vários trabalhos de pesquisa têm tratado do ensino de FMC. LOBATO e GRECA (2005), OSTERMANN e RICCI (2005) e GRECA (2000), fundamentam-se em trabalhos como o de OSTERMANN e MOREIRA (2000) que investiga o currículo, possui como foco principal a busca de diferentes abordagens para o ensino de FMC, e buscam relacionar os conteúdos

específicos possíveis de FMC a serem abordados no EM; OSTERMANN e RICCI (2004), TERRAZZAN (1994), GIL e SOLBES (1993), FISCHLER e LICHTFELDT (1992) e ARONS (1990), em seus trabalhos buscam metodologias adequadas para a FMC na educação básica; enquanto MACHADO e NARDI (2007), REZENDE JR (2006), MOTA (2000) e OSTERMANN (1999) apontam para as aplicações pontuais e as dificuldades encontradas no processo de ensino de FMC.

Porém, a má formação inicial e continuada dos professores de Física contribui intensamente para a persistência dos problemas descritos anteriormente. Não é possível desassociar o ensino e a aprendizagem de FMC com a formação dos professores, visto que estes possuem o acesso imediato ao estudante além de deterem o poder de tomar as principais decisões a respeito da metodologia adotada na inserção da FMC.

A legislação educacional do Brasil, em especial os Parâmetros Curriculares Nacionais -PCNs- recomendarem, para o EM, a necessidade de contemplar aspectos que possibilitem um conhecimento físico capaz de discutir amplamente a atual Ciência e Tecnologia de forma que não venha “aparecer” apenas no Ensino Superior. Assim, deveria se remeter a uma intervenção mais crítica de forma a permitir aos estudantes entenderem o mundo a sua volta. Por isso, o ensino de Física passa por extrema dificuldade em sua renovação como pode ser observado nos trabalhos de RICARDO (2002) e RICARDO e ZYLBERTA JN (2002).

Destes diferentes trabalhos duas vertentes podem ser destacadas para as dificuldades impostas ao ensino de FMC no EM:

1. A existência de uma grande dificuldade relacionada ao fato da carência de professores de Física habilitados além de uma lentidão na inserção de tópicos de FMC no EM.
2. A reprodução pelos professores da mesma forma de lecionar, remetendo-se às concepções que lhe ensinaram seus ex-professores no EM ou mesmo na sua formação superior.

Para a primeira vertente identifica-se nos trabalhos a presença de obstáculos marcantes, dentre eles *a falta de um objetivo mais claro do que se quer com esta inserção, falta de material didático adaptável e dificuldades*

estruturais no processo de formação dos professores (REZENDE JUNIOR, 2009, p.307).

Já para a segunda vertente não há na comunidade científica um número expressivo de pesquisas que proponham algum tipo de intervenção na formação dos professores de Física que tenha como objetivo melhorar o ensino de FMC.

A partir da revisão bibliográfica sobre o ensino de FMC, foi possível identificar apenas dois trabalhos envolvendo professores em formação (KALKANIS et al., 2003; OSTERMANN E MOREIRA, 2004). Esse resultado aponta para uma carência na área de pesquisa em educação em ciências no que se refere aos estudos sobre o ensino de FMC na formação inicial de professores, processo de fundamental importância para a construção de estratégias capazes de promover mudanças significativas na educação básica brasileira. (PEREIRA, 2009, p.380)

Ao mesmo tempo, COSTA (2010) remete como consequência da má qualidade na formação de professores a não valorização do desenvolvimento do pensar científico dos professores de ciências, pois embora os problemas apontados na formação de professores sejam debatidos pela comunidade científica, não há aplicação pelos próprios professores formadores dos resultados dessas pesquisas na atual formação de professores.

Certamente, na intenção de se tentar amenizar o problema, nos últimos anos, houve um crescimento significativo do número de encontros, simpósios, congressos e periódicos apresentando pesquisas que possam melhorar a qualidade da formação de professores de Ciências. Porém, infelizmente, muitos docentes universitários não aplicam os resultados das pesquisas científicas em prol do aprimoramento das suas práticas educacionais. Os formadores não estão levando para a formação dos professores os resultados das excelentes pesquisas que estão sendo desenvolvidas dentro e fora do país. (COSTA, 2010, p.25)

Sendo assim, podem-se constatar várias pesquisas que apontam diferentes vertentes na busca de inserir a FMC no EM, porém, não há relativas discussões sobre este tema na formação de professores. OSTERMANN e PRADO (2008) apontam como uma das alternativas a ser adotada a necessidade de uma formação conceitual sólida na formação inicial

e continuada do professor de Física fundamentada em discussões epistemológicas e ontológicas. Nessa linha de pensamento encaminha-se este trabalho

1.2 A EPISTEMOLOGIA DE GASTON BACHELARD

De origem humilde, o filósofo francês Gaston Bachelard (1884-1962) nasceu em Bas-sur-Aube, sempre trabalhou enquanto estudava e ao terminar os estudos secundários foi contratado nos correios de Remiremont até 1906, e depois em Paris entre 1907 e 1913. Em Paris, retoma seus estudos e licencia-se em Matemática em 1912. Pretendia formar-se engenheiro de telegrafia, no entanto, com a Primeira Guerra Mundial se alista no exército e coloca um fim em suas pretensões como engenheiro. Ao final da guerra, é nomeado professor de física e química em Bas-sur-Aube.

Em sua jornada no magistério secundário percebe que a revolução científica promovida no início do século XX pela Teoria da Relatividade formulada por Albert Einstein em 1905 modifica suas próprias ideias sobre a física, o que o leva a estudar filosofia, obtendo uma segunda licenciatura em letras em 1920.

Em 1928 publica suas primeiras teses: *Ensaio sobre o conhecimento aproximado e Estudo sobre a evolução de um problema de Física: a propagação térmica dos sólidos*. Após estas publicações seu nome e seu pensamento se projetam, sendo convidado, em 1930, a lecionar na Faculdade de Dijon e mais tarde em 1940 na Universidade de Sorbonne.

Bachelard dedicou grande parte da sua obra à filosofia da descoberta científica. E, sua busca por uma filosofia científica o torna um dos primeiros filósofos contemporâneos a criticar a imagem empírica indutivista da ciência.

Além de seus estudos sobre a epistemologia, Bachelard desenvolveu algumas obras também no campo da poética, sendo seus trabalhos divididos pelos estudiosos em duas partes: a diurna e a noturna. Com essa dupla perspectiva abordada pelo próprio autor é possível analisar sua obra relativa à epistemologia e a história das ciências como diurna, já a que remete ao

estudo no âmbito da imaginação poética, dos devaneios, dos sonhos, de obra noturna.

Neste trabalho, nos atemos a sua obra diurna com a finalidade de observar o potencial metodológico implícito no seu modo de pensar a filosofia e a epistemologia que influenciaram diretamente o trabalho de Mortimer sobre o perfil conceitual. Dentro deste contexto, buscaremos em sua obra seus estudos sobre a revolução científica promovida pela Teoria da Relatividade onde objetivou, em seus trabalhos acadêmicos, o estudo do perfil epistemológico.

Corremos o risco de retratar a epistemologia bachelardiana como algo pronto e acabado, quando sua marca central é exatamente o eterno recomeçar, que nos exige uma constante vigilância epistemológica. Por isso, queremos deixar registrado que o que apresentamos neste trabalho é apenas uma das facetas de seu pensamento que são os obstáculos epistemológicos.

1.3 OBSTÁCULOS EPISTEMOLÓGICOS – À procura de um pensamento científico

Para Bachelard, o problema do progresso do conhecimento científico deve ser colocado em termos de obstáculos, pois está na essência do próprio ato de conhecer o aparecimento de uma lentidão e de conflitos que provocam momentos de inércia, entendidos como momentos de dificuldade do pesquisador em romper os obstáculos de um conceito e/ou teoria, no progresso da ciência.

Quando se procuram as condições psicológicas do progresso da ciência, logo se chega à convicção de que é em termos de obstáculos que o problema do conhecimento científico deve ser colocado. (BACHELARD, 1996, p.17)

Bachelard em sua obra “*A formação do espírito científico*”, introduz o termo “obstáculo epistemológico” como sendo tudo aquilo que, de certa forma, se adere ao conhecimento ainda não questionado de forma a tornar inerte o progresso científico. O fato é que o conhecimento científico busca um conhecimento real, e na busca desse conhecimento real o pensamento

empírico torna-se perceptível após um conjunto de argumentos ficarem estabelecidos, tendo como resposta a ideia mais valorizada que se torna um fator de inércia para o espírito científico¹.

O conhecimento comum lida com um mundo dado, constituído por fenômenos, enquanto o conhecimento científico trabalha em um mundo recomeçado, estruturado. É nesse sentido que o conhecimento comum acaba por se constituir em um *obstáculo epistemológico* ao conhecimento científico, exigindo que efetue o que Bachelard denomina de psicanálise do conhecimento objetivo. Psicanálise não no significado Freudiano, mas no sentido de retirar do conhecimento objetivo todo caráter subjetivo, (...) *descortinar a influência dos valores inconscientes na própria base do conhecimento empírico e científico*. (BACHELARD, 1989, p.16)

Para Bachelard o espírito científico se refere à consciência de um verdadeiro pesquisador, que procura métodos adequados de pesquisa para solucionar o problema com que se confronta. Este espírito traduz-se numa mente crítica, objetiva e racional no qual proíbe ao pesquisador de ter uma opinião sobre questões que não se compreende, fazendo-o formular problemas, de tal forma que o conhecimento é adquirido através da resposta da pergunta que se faz inicialmente. Logo, o ato de conhecer algo novo dá-se contra um conhecimento anterior, desconstruindo conhecimentos mal estabelecidos.

Assim, partir do nada na tentativa de obter ou aprimorar um determinado conhecimento científico só é possível em culturas de “simples”, através da justaposição, onde um conhecimento científico pode ser colocado ao lado de outro. De uma maneira diferente, na busca da realidade, o pesquisador não pode ser ingênuo, devendo ter a certeza que sempre irá trazer consigo preconceitos que lhe “impedem” anular todos os conhecimentos habituais. Com esta consciência na busca de um crescimento científico deve aceitar uma brusca mudança em seus conhecimentos anteriores. Nessa

¹ Para Bachelard o espírito científico se refere à consciência de um verdadeiro pesquisador, que procura métodos adequados de pesquisa para solucionar o problema com que se confronta. Este espírito traduz-se numa mente crítica, objetiva e racional no qual proíbe ao pesquisador de ter uma opinião sobre questões que não se compreende, fazendo-o formular problemas, de tal forma que o conhecimento é adquirido através da resposta da pergunta que se faz inicialmente.

posição, a ciência estabelecida pelo pesquisador se opõe à opinião, sendo este o primeiro obstáculo a ser superado. Nesse sentido Bachelard (1996, p.18) afirma que: “O espírito científico proíbe que tenhamos uma opinião sobre questões que não compreendemos, sobre questões que não sabemos formular com clareza”. Portanto, o declínio de um conhecimento científico se estabelece quando a pergunta se desgasta ficando apenas a resposta, e não havendo mais perguntas não haverá mais conhecimento. É deste modo que os “obstáculos epistemológicos” se inserem em um conhecimento não questionado proporcionando uma inércia ao progresso científico.

Esse comportamento pode ser explicado pela tendência do pesquisador em querer confirmar suas perguntas, passando o mesmo a gostar mais das respostas. Nesse sentido, seu espírito científico é dominado pelo *instinto conservador* em vez do *instinto formativo*, que valoriza um constante perguntar e revisitar seu conhecimento, impedindo-lhe a busca do crescimento científico.

Nesta concepção, para Bachelard o conhecimento empírico envolve um pesquisador sensível, no qual considera que na racionalização desse conhecimento não se pode garantir que determinados valores sensíveis, mesmo que primitivos, do pesquisador não interfiram nos argumentos. Logo, a ideia mais valorizada de uma determinada pergunta fica carregada de valores sensíveis tornando a cabeça de um pesquisador, teoricamente bem “feita”, uma cabeça “fechada”.

Para Bachelard o pesquisador deve abrir sua cabeça, pois sempre será possível ao espírito científico dialetizar a experiência. Sair da contemplação do mesmo (ideia carregada de valores sensíveis do pesquisador capaz de proporcionar a inércia do progresso científico) para buscar o outro (ideia sem interferência de valores sensíveis do pesquisador responsável pelo progresso científico).

Embora a própria ciência busque uma unidade, o progresso científico vigora no abandono de unificações fáceis, tornando o pesquisador desconfiado das identidades mais ou menos aparentes exigindo assim uma maior precisão em seus experimentos, de modo a fugir da certeza e, portanto da unidade buscada pela ciência. Nesta visão bachelardiana o obstáculo epistemológico

pode ser estudado tanto no desenvolvimento histórico do pensamento científico como na prática da educação. Em ambos os casos, deve-se ter consciência que o estudo não é fácil.

Primeiramente Bachelard mostra a diferença do estudo do obstáculo epistemológico entre o historiador da ciência e o epistemólogo para posteriormente descrever como é desconhecida a noção de obstáculo epistemológico na educação.

O historiador da ciência deve tomar as ideias como se fossem fatos. O epistemólogo deve tomar os fatos como se fossem ideias, inserindo-as num sistema de pensamento. Um fato mal interpretado por uma época permanece, para o historiador, um fato. Para o epistemólogo, é um obstáculo, um contra pensamento. (BACHELARD, 1996, p.22)

Os professores (...) Não levam em conta que o adolescente entra na aula de física com conhecimentos empíricos já construídos: não se trata, portanto, de adquirir uma cultura experimental, mas sim de mudar de cultura experimental, de derrubar os obstáculos já sedimentados pela vida cotidiana. (BACHELARD, 1996, p.23)

Sendo assim, a cultura científica de um estudante deve começar por uma “purificação” intelectual. Deve-se tornar os professores agentes responsáveis para demonstrar uma cultura científica em movimento permanente, substituindo a visão de que a ciência é constituída apenas de conhecimentos fechados e prontos, por uma visão de ser constituída por um conhecimento aberto e dinâmico, mostrando ao estudante o verdadeiro espírito científico.

Em sua obra, Bachelard classifica os diferentes obstáculos epistemológicos em: a experiência primeira; o conhecimento geral; o verbal; o conhecimento unitário e pragmático, o substancialista; a psicanálise realista; o animista; o mito da digestão; a libido e conhecimento objetivo e o conhecimento quantitativo. A seguir descreveremos de forma sucinta as principais características dos obstáculos epistemológicos que consideramos importantes para o objetivo deste trabalho: a experiência primeira; o conhecimento geral; o verbal; o conhecimento utilitário e pragmático; o substancialista; a psicanálise realista; o animista e o conhecimento quantitativo.

• O OBSTÁCULO DA EXPERIÊNCIA PRIMEIRA

De acordo com Bachelard a detecção dos obstáculos epistemológicos é um dos passos para fundamentar os primeiros princípios de uma ciência. A primeira experiência “*é sempre um obstáculo inicial para a cultura científica*” (BACHELARD, 1996, p.25), constituindo-se nas influências imediatas, no natural que resulta em uma atividade pouco pensada com pouca ordenação. A definição do real em um aspecto sensível não sendo concebido como provisório.

De fato, essa observação primeira se apresenta repleta de imagens; é pitoresca, concreta, natural, fácil. Basta descrevê-la para se ficar encantado. Parece que a compreendemos. (BACHELARD, 1996, p.25)

A primeira experiência manifesta um dos mais impuros entraves à pesquisa científica, pois se satisfaz com resultados rápidos, estabelecidos por dados empíricos que afastam o pesquisador do racional e abstrato em um empirismo evidente e básico. Para este obstáculo, Bachelard mostra que há ruptura, e não continuidade, entre a observação e a experimentação. Assim, o observar apenas por observar não é o início do conhecimento nem o único instrumento no qual o conhecimento se afirma já que a observação não deve ser a única possibilidade de lidar com os fenômenos envolventes na pesquisa, mas sim um dos estágios de um avanço científico.

É tão agradável para a preguiça intelectual limitar-se ao empirismo, chamar um fato de fato e proibir a busca de leis! Ainda hoje os maus alunos de física “compreendem” as fórmulas empíricas. (BACHELARD, 1996, p.37)

Numa conceituação mais simples podemos caracterizar a primeira experiência como sendo uma representação repleta de imagens de um determinado fenômeno, onde basta apenas descrevê-lo para caracterizá-lo.

- **O OBSTÁCULO DO CONHECIMENTO GERAL**

O segundo obstáculo epistemológico encontra-se no perigo de seguir as generalidades facilmente estabelecidas, realizadas pela ação precipitada de um pesquisador. Neste ponto do pensamento científico o pesquisador não se adere mais as observações puras do experimento, focando-se na procura de uma compreensão ampla do fenômeno, utilizando-se de leis gerais sem se preocupar com suas características. Desta forma, o pesquisador é tomado por um raciocínio indutivo que o torna “apressado” para concluir uma lei científica geral através de uma série de fatos particulares.

Bachelard refere-se como um dos exemplos deste obstáculo a experiência de queda dos corpos no vácuo, observada com ajuda do tubo de Newton, onde conclui-se, após a queda de vários corpos, que *no vácuo, todos os corpos caem à mesma velocidade*. Essa experiência provoca um entrave ao pensamento científico, definido para Bachelard como sendo uma imobilização do pensamento onde neste exemplo a noção de velocidade esconde a noção de aceleração.

Em suma, mesmo seguindo um ciclo de ideias exatas, percebe-se que a generalidade imobiliza o pensamento, que as variáveis referentes ao aspecto geral ofuscam as variáveis matemáticas essenciais. No exemplo, a noção de velocidade esconde a noção de aceleração. É, no entanto, a noção de aceleração que corresponde à realidade dominante. Assim, a própria matemática dos fenômenos é hierarquizada, e nem sempre a primeira forma matemática está certa, nem sempre a primeira forma é de fato formativa. (BACHELARD 1996, p. 72)

Em resumo, o conhecimento geral suspende a experiência imobilizando o pensamento ao fornecer respostas gerais a qualquer questionamento.

- **O OBSTÁCULO VERBAL**

Este obstáculo consiste na capacidade de se expressar os fenômenos mais variados através de uma simples palavra. De acordo com Bachelard neste obstáculo os fenômenos já foram expressos (primeira experiência), também

parecem que já foram explicados (conhecimento geral) sendo agora representado por imagens que prejudicam a razão impedindo a visão abstrata e nítida de problemas reais.

Neste obstáculo é observado um movimento simplesmente linguístico que, *ao associar a uma palavra concreta, uma palavra abstrata, pensa ter feito avançar as ideias* (BACHELARD 1996, p. 94).

Recorrendo ao período pré-científico para exemplificar esse acúmulo de imagens que prejudica o espírito científico, Bachelard mostra que uma palavra ou uma imagem é capaz de proporcionar diversas explicações para um mesmo problema de forma que uma *imagem tão clara pode, quando aplicada, ficar mais confusa e complicada* (BACHELARD 1996, p. 95).

Neste ponto o pesquisador se nutre de imagens e palavras, associando uma palavra abstrata a uma palavra concreta, pensando estar assim contribuindo para um desenvolvimento científico (STAUB, 2005).

• O OBSTÁCULO DO CONHECIMENTO UNITÁRIO E PRAGMÁTICO

Relacionado ao pensamento filosófico o obstáculo do conhecimento unitário e pragmático não concebe a ideia de um fenômeno inútil ao buscar representações gerais mais amplas do problema, sendo uma conformação do pensamento segundo uma filosofia unificadora, como por exemplo: *“o que é verdade para o grande deve ser verdade para o pequeno, e vice-versa”* (BACHELARD, 1996, p.107).

Esse tipo de analogia não ajuda no desenvolvimento do pensamento científico. Pelo contrário, provoca fugas de ideias onde todas as perguntas relacionadas ao problema são respondidas diante de uma visão geral de mundo, por simples referência a um princípio geral da natureza. O pesquisador *resiste ao dinamismo e complexidade que compreende o mundo natural que é eclético* (STAUB, 2005, p.57).

A necessidade de generalização extrema, às vezes por um único conceito, leva a idéias sintéticas que conservam o poder

de seduzir. Todavia, em nossos dias, uma certa prudência retém o espírito científico. (BACHELARD, 1996, p. 117)

De certa forma, o conhecimento unitário e pragmático traduz-se na procura do caráter utilitário de um fenômeno como princípio de explicação (SANTOS, 1991 apud ANDRADE, 2002, p.5) do real, porém, esse modo utilitário proporciona explicações sempre perigosas.

• O OBSTÁCULO SUBSTANCIALISTA

Constituído por intuições muito dispersas e até mesmo opostas o obstáculo substancialista “*condensa num objeto todos os conhecimentos em que esse objeto desempenha um papel, sem se preocupar com a hierarquia dos papéis empíricos*”. (BACHELARD, 1996, p.121). Para Bachelard as ideias menos precisas são superficiais necessitando um maior número de palavras para expressá-las. De certa forma, uma substância propõe inúmeros adjetivos para um único substantivo.

A substancialização de uma qualidade imediata percebida numa intuição direta pode entravar os futuros progressos do pensamento científico tanto quanto a afirmação de uma qualidade oculta ou íntima, pois tal substancialização permite uma explicação breve e peremptória. Falta-lhe o percurso teórico que obriga o espírito científico a criticar a sensação. [...] O espírito científico não pode satisfazer-se apenas com ligar os elementos descritivos de um fenômeno à respectiva substância, sem nenhum esforço de hierarquia, sem determinação precisa e detalhada das relações com outros objetos. (BACHELARD, 1996, p.127)

Sendo um dos obstáculos mais difíceis, apoia-se em uma filosofia fácil através de uma explicação monótona das propriedades por meio da substância; necessidade de explicação minuciosa, sintoma dos espíritos não científicos que pretendem nada negligenciar e dar conta de todos os aspectos da experiência concreta.

- **O OBSTÁCULO DA PSICANÁLISE REALISTA**

Considerado por Bachelard como sendo a “*única filosofia inata*”, o realismo aceita, como um bem pessoal, a substância de um objeto.

De forma que o realismo pode, com razão, ser considerado a única filosofia inata, o que não nos parece vantagem. Para aquilatá-lo, é preciso ultrapassar o plano intelectual e compreender que a substância de um objeto é aceita como um bem pessoal. Apossa-se dela espiritualmente como se toma posse de uma vantagem evidente. (BACHELARD, 1996, p.163)

O obstáculo realista trata-se do sentimento do ter onde não perder nada é uma prescrição normativa que se torna uma descrição passando para o positivo onde no “*realismo não provado – nada se perde nada se cria*”. (BACHELARD, 1996, p.164).

- **O OBSTÁCULO ANIMISTA**

O obstáculo animista tem a finalidade de determinar a importância dos três reinos da natureza. As explicações relativas aos fenômenos de maneira geral enfatizam características do reino animal e vegetal em comparação ao reino mineral. A crença de uma conexão entre os três reinos leva a admitir que se possa provar a aproximação da natureza viva à natureza inanimada. Conceder vida aos minerais, através de uma intuição animista, constitui um comportamento compatível com um espírito pré-científico.

Não é, portanto, para o lado da sã abstração que se encaminha o espírito pré-científico. Ele busca o concreto, a experiência fortemente individualizada. (BACHELARD, 1996, p.208)

Por ser mais natural a imagem animista é convincente. Mas, por possuir apenas um desejo, ela traz uma falsa clareza. Logo, Bachelard mostra que *o obstáculo animista constitui um dos traços distintivos do espírito pré-científico* (BACHELARD, 1996, p. 27) sendo quase totalmente superado pela física do século XIX.

• O OBSTÁCULO DO CONHECIMENTO QUANTITATIVO

Por marcar o objeto com impressões subjetivas e certezas prematuras um conhecimento imediato é falseado simplesmente por ser qualitativo. Desta forma, a grandeza qualitativa não se torna sinônimo de objetividade.

A grandeza não é automaticamente objetiva, e basta dar as costas aos objetos usuais para que se admitam as determinações geométricas mais esquisitas, as determinações quantitativas mais fantasiosas. (BACHELARD, 1996, p.259).

Neste obstáculo, Bachelard chama a atenção para a relação entre a quantidade e a qualidade, o excesso de precisão na quantidade necessariamente não corresponde a mesma precisão na qualidade. Logo, é necessário que o espírito científico esteja atento a dependência de uma reflexão adequada da mensuração quantitativa, já que a mesma necessita de um aparato instrumental específico para se ver o que se quer avaliar. De certa forma, embora o espírito científico privilegie o quantitativo quando crê que o mesmo representa a realidade do objeto é necessário que o espírito científico desenvolva o hábito do pensamento discursivo, ao considerar o fato de que a intuição nunca deve ser um dado, mas apenas uma ilustração.

Pode-se observar que os obstáculos epistemológicos de Bachelard mostram o espírito científico em formação através da retificação dos erros proporcionando ao crescimento científico um caráter de ruptura entre o conhecimento sensível do senso-comum e o conhecimento científico. Contudo, não é suficiente apenas a primeira observação, que desperta uma curiosidade, para se ter um conhecimento científico. O pesquisador deve saber que o conhecimento científico não se fundamenta sobre um conhecimento sensível, pois, na visão de Bachelard, a experiência científica é uma experiência que contradiz a experiência comum onde “*a psicologia da atitude objetiva é a história de nossos erros pessoais*” (BACHELARD, 1996, p.293).

1.4 – O PENSAMENTO CIENTÍFICO APLICADO A UM CONCEITO: O perfil epistemológico.

Buscando detalhar diferentes formas de se conceitualizar a realidade por meio de um único conceito científico, Bachelard propõe uma nova filosofia de pensamento que mostra a incapacidade de descrever todas as formas de pensamentos que são usadas para a compreensão de um conceito científico através de uma única filosofia.

Parece-nos, pois, claro que não dispomos de uma filosofia das ciências que nos mostre em que condições – simultaneamente subjetivas e objetivas – os princípios gerais conduzem a resultados particulares, a flutuações diversas; em que condições os resultados particulares sugerem generalizações que os completam, dialéticas que produzam novos princípios. (BACHELARD, 2009, p.11)

Em sua obra “*A filosofia do não*”, Bachelard indica que existe um *duplo movimento* do pensamento científico que provoca uma alternância entre o *a priori* e o *posteriori*, que gera um *estranho laço* entre o *modelo empírico*² (empirismo) e o *modelo racional*³ (racionalismo) de ciências.

Embora essa polaridade de pensamentos sobre um modelo de ciência pareça prejudicar a própria evolução da ciência, Bachelard foca sua nova filosofia sobre o pensamento científico na complementação desses modelos de ciência já existentes. E é nessa concepção dialética onde se “*permite negar uma visão de mundo e ascender a outra*” (PINTO, 1999, p.10), que Bachelard define o pensar e o conhecer cientificamente que são a base dessa nova filosofia da ciência no qual nomeia de Filosofia do não.

² Modelo empírico de ciência com base na experiência. Adquire-se a Sabedoria através da percepção do Mundo externo, ou então do exame da atividade da nossa mente, que abstrai a Realidade que nos é exterior e as modifica internamente. Daí ser o Empirismo de caráter individualista, pois tal conhecimento varia da percepção, que é diferente de um indivíduo para o outro.

³ O modelo racional de ciência argumenta que a obtenção do conhecimento científico se dá pelas ideias inatas, que seriam pensamentos existentes no homem desde sua origem que o tornariam capazes de deduzir as demais coisas do mundo. Tais ideias inatas seriam o fundamento da Ciência.

Pensar cientificamente é colocar-se no campo epistemológico intermediário entre teoria e prática, entre matemática e experiência. Conhecer cientificamente uma lei natural é conhecê-la simultaneamente como fenômeno e como número. (BACHELARD, 2009, p.12)

Na concepção bachelardiana essa nova filosofia de pensamento científico - “Filosofia do não” - segue uma direção única de raciocínio que vai do racionalismo à experiência. É este racionalismo direcionado que prova uma das diretrizes principais dessa nova filosofia onde o fenômeno ordenado é mais rico que o fenômeno natural.

Em busca de uma filosofia aberta, Bachelard aponta para o problema da estrutura e da evolução deste novo pensamento científico que pré-requisita a uma nova experiência a negação da experiência antiga. Essa contradição exige uma ruptura entre o conhecimento sensível e o conhecimento científico.

Sendo a filosofia do não uma intermediária entre as concepções filosóficas do realismo e do racionalismo deve-se tomar cuidado ao tratar uma determinada noção científica, pois “*o grau de realismo e de racionalismo não é o mesmo para todas as noções*” (BACHELARD, 2009, p17).

Tomando o conceito de massa como uma noção científica a ser estudada nessa nova filosofia, Bachelard desenvolve um problema epistemológico que abre o pensamento científico em três domínios diferentes:

- O **domínio da substância** que mostra uma filosofia de inspiração kantiana que ultrapassa a teoria clássica de cunho filosófico realista tendo a filosofia do não uma atitude conciliadora entre essas filosofias;
- O **domínio da intuição** que mostra “*a atividade do pensamento científico na intuição trabalhada*” (BACHELARD, 2009, p.18) onde a “*intuição natural não é mais do que uma intuição particular*” (BACHELARD, 2009, p.18) e,
- O **domínio lógico** onde “*os quadros mais simples do entendimento não podem substituir na sua inflexibilidade, se se pretender analisar os destinos novos da ciência*”. (BACHELARD, 2009, p.18).

Essa abertura do pensamento provoca interpretações do conceito de massa sobre diferentes pontos de vista indo do animismo ao racionalismo dialético, mostrando que esse movimento segue sempre uma ordem indicada.

Vamos estudar um conceito científico particular que, segundo pensamos, encerra uma perspectiva filosófica completa, isto é, pode ser interpretado sob vários pontos de vista do animismo, do realismo, do positivismo, do racionalismo, do racionalismo complexo e do racionalismo dialético. (...) Mostraremos que a evolução filosófica de um conhecimento científico particular é um movimento que atravessa todas estas doutrinas na ordem indicada. (BACHELARD,2009,p. 21)

Em seu trabalho Bachelard adota para o conceito de massa cinco pontos de vista diferentes: animismo, realismo e positivismo, racionalismo, racionalismo complexo e racionalismo dialético.

Para o animismo adota-se uma visão de massa ligada a uma apreciação quantitativa e grosseira que se fundamenta apenas no sentido da visão. Neste sentido o objeto maior contém a maior massa. De acordo com Bachelard, a primeira contradição para o conceito de massa se dá na “*contradição entre o grande e o pesado*” (BACHELARD, 2009, p.24).

Para essa transição de uma forma de pensar em outra, Bachelard em sua Filosofia do não, cria o *conceito-obstáculo* como sendo aquele conceito que representa um obstáculo epistemológico, e que será superado na compreensão da diferença entre o grande e o pesado. Nesse sentido, “Quando isso ocorre o conceito de massa se interioriza passando a significar uma riqueza íntima que pode ser medida pela balança”. (PINTO, 1999, p.10)

Essa objetividade instrumental representa o espírito realista e positivista. Mas, caracteriza um *conceito-obstáculo* para o racionalismo que procura a correlação do conceito de massa com outros conceitos, onde a finalidade é a de retirar a dependência da definição do conceito através de uma única experiência que neste caso resume-se no ato de pesar. Por isso, racionalismo torna-se claro com a mecânica newtoniana onde massa torna-se o quociente da força pela aceleração. Desta maneira podemos ordenar a realidade do conceito de massa em dois momentos distintos: o antes de Newton, onde estuda-se massa no seu *ser* como uma quantidade de matéria, e depois de Newton, onde estuda-se como um *quociente* entre a força e a aceleração (*devir dos fenômenos*).

Neste aspecto Bachelard aponta para duas ordens de realidade: a realidade das coisas, caracterizada por uma visão de mundo animista e realista, e a realidade das leis onde o conceito de massa passa a ser apenas um *instante da construção racional*, que é caracterizada por uma visão de mundo racionalista. Essa racionalidade newtoniana orientou a Física do século XIX tendo como elementos fundamentais o espaço, o tempo e a massa absolutos. Denominados de *átomos racionais*, Bachelard os considera *a priori* da filosofia métrica. E é essa noção absoluta do conceito de massa que se torna um *conceito-obstáculo* para o racionalismo complexo.

Com a teoria da Relatividade abre-se o propósito racionalista do conceito de massa, e a partir da relação da massa com a velocidade, em uma formulação complexa, há um rompimento do racionalismo do conceito que o considerava absoluto. Essa relação do conceito de massa com velocidade torna-se complexa, pois se observa que apenas em certos casos a noção complexa pode ser simplificada a um patamar do racionalismo mais simples. Essa multiplicação da racionalidade segmenta e pluraliza a razão, tornando-a condicional onde o conceito passa a ser mais ou menos complexo de acordo com o grau de aproximação.

A condicionalidade do conceito de massa caracteriza um *conceito-obstáculo* para um racionalismo dialético. Baseando-se na mecânica de Paul Dirac⁴ (1902 – 1984), e influenciado pelo livro “L’électron magnétique”, de Louis de Broglie publicado em 1934, Bachelard coloca entre parêntesis a realidade ao indicar uma complicação, ainda maior, na estrutura interna do conceito de massa. Com a distinção de duas massas, uma positiva (relativa à matéria) e outra negativa (relativa à antimatéria) a mecânica de Dirac nos dá uma noção de massa estranhamente dialética de forma que a massa negativa torna-se um conceito inadmissível do animismo até o racionalismo complexo. Logo, essa nova visão coloca entre parêntesis a realidade até então estabelecida divergindo da realidade, dando origem a algo diferente.

⁴ Paul Dirac compatibilizou a Mecânica Quântica com a Teoria da Relatividade ao propor, no caso de partículas livres, a solução para as diferentes energias dos elétrons que trazia para o mesmo estados de energia negativos e positivos.

1.5 – DO PERFIL EPISTEMOLÓGICO DE BACHELARD AO PERFIL CONCEITUAL DE MORTIMER

Procurando observar a efetiva ação psicológica das diversas filosofias do conhecimento, Bachelard propõe o esboço de um perfil epistemológico para diversas conceitualizações, para isso utiliza-se como exemplo de um perfil epistemológico o conceito de massa.

Caracterizado pela frequência com que cada uma das filosofias apresenta o conceito de massa – (1) animismo (*realismo ingênuo*); (2) realismo e positivismo (*empirismo claro e positivista*); (3) racionalismo (*racionalismo clássico da mecânica racional*); (4) racionalismo complexo (*racionalismo completo – relatividade*); e (5) racionalismo dialético (*racionalismo discursivo*), Bachelard obtém um perfil epistemológico do conceito de massa. Ao considerar que há diferentes formas de se ver o mundo em uma mesma pessoa, Bachelard mostra que o perfil epistemológico de um conceito está relacionado a um conceito particular de um determinado indivíduo. A Figura 1 mostra o perfil epistemológico de Bachelard para o conceito de massa.

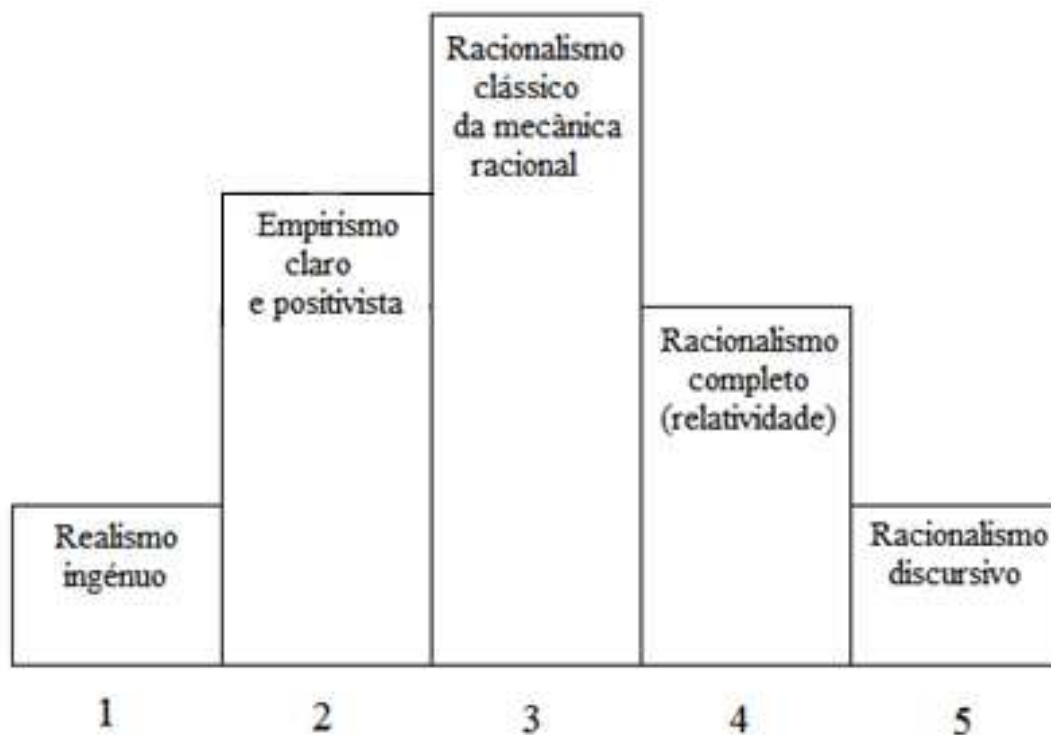


Fig. 1 – O perfil epistemológico de Bachelard para o conceito de massa (BACHELARD, 2009, p.41)

Em seu trabalho, Souza atribui à “*formação matemática e a uma longa prática de ensino de física básica*” (SOUZA, 2008, p.6) o fato da coluna do racionalismo clássico estar em destaque para o perfil epistemológico de massa de Bachelard. Além disso, Souza também se refere ao uso da balança durante seu trabalho com a Química e como funcionário dos correios o destaque do empirismo. Porém, essa relação bachelardiana do perfil de um conceito ser referente ao conceito particular de um indivíduo é contestada por Souza.

Embora Bachelard insista que o perfil sempre se refere a um determinado conceito de um particular indivíduo, é possível indicar elementos que estarão presentes, em diferentes intensidades, para qualquer indivíduo. (SOUZA, 2008, p. 7)

Concordando com o pensamento e as ideias de Bachelard, Mortimer considera que o mesmo não está sozinho ao considerar que diferentes formas de ver o mundo podem ser encontradas numa mesma pessoa. Ao citar SCHUTZ (1967) e BERGER & LUCKMANN (1967) Mortimer mostra a necessidade de se interpretar a coexistência da realidade da vida cotidiana com outras realidades não cotidianas. MARTON (1981) e LINDER (1993) também são citados ao mostrarem a existência de categorias em um grande número de indivíduos que denotam um tipo de *intelecto coletivo*, sendo essa *dispersão conceitual* um fenômeno presente tanto na vida social como em ciências.

Outro argumento a favor da existência de “formas qualitativamente diferentes pelas quais as pessoas percebem e entendem suas realidades” foi levantado por MARTON (1981, p.177), cuja abordagem fenomenográfica nos fala sobre concepções e formas de entendimento como categorias de descrição da realidade. (MORTIMER, 2006, p.69-70)

Ao mesmo tempo, ao destacar a teoria histórico-cultural de Vygotsky, Mortimer comenta sobre a dificuldade de se ver a dimensão social nos processos mentais ao relacionar essa dificuldade ao fato desses processos começarem e terminarem numa forma individualizada dando uma aparência de processo individual.

Os processos mentais superiores, como pensamento verbal, memória lógica e atenção seletiva, são gerados por atividades medidas socialmente. A fonte de medição pode ser uma ferramenta material, um sistema de símbolos ou o comportamento de outro ser humano (VYGOTSKY, 1978, apud MORTIMER, 2006, p.71).

Estabelecendo uma relação entre os trabalhos de Bachelard e Marton, Mortimer mostra que é possível notar que cada zona do perfil epistemológico está relacionada com *“uma forma de pensar e com um certo domínio ou contexto a que essa forma se aplica”* (MORTIMER, 2006, p.73).

Mortimer usa o termo **perfil conceitual** no lugar de **perfil epistemológico**, ao acrescentar algumas características ao perfil epistemológico que não estão presentes na visão filosófica de Bachelard.

A noção de perfil conceitual tem, obviamente, características em comum com a de perfil epistemológico, como, por exemplo, a hierarquia entre as diferentes zonas, pela qual cada zona sucessiva é caracterizada por conter categorias de análise com poder explanatório maior que as anteriores. No entanto, alguns elementos importantes devem ser adicionados à noção bachelardiana. (MORTIMER, 2006, p.78)

A distinção entre características ontológicas e epistemológicas de cada zona do perfil epistemológico é a primeira característica. Analisando o trabalho de CHI (1991), Mortimer aponta dificuldades ontológicas que podem ocorrer nos processos de aprendizagem.

Para que os estudantes entendam realmente o que é força, luz, calor e corrente, eles precisam mudar suas concepções de que essas entidades são substâncias, e passar a considerá-las como um tipo de evento (constraint-based event) (incluindo campos), o que requer, conseqüentemente, uma mudança em sua ontologia (CHI 1991, p.13 apud MORTIMER 2006, p.79)

Essas dificuldades ontológicas consideradas como obstáculos ontológicos representam o fato de que *“muitos dos problemas de aprendizagem de conceitos científicos estão relacionados com a dificuldade em se mudar as categorias ontológicas às quais os conceitos são designados”* (MORTIMER 2006, p.79).

A segunda característica refere-se a tomada de consciência do estudante de seu próprio perfil epistemológico. Para essa característica Mortimer aponta um papel importante no processo de ensino e de aprendizagem.

O uso, pelo estudante, de concepções prévias em problemas cotidianos e/ou novos poderia indicar a falta de consciência de seu próprio perfil. O aluno teria adquirido o conceito newtoniano de movimento, mas não teria se conscientizado da relação entre este e seu conceito anterior de que “movimento requer força”, não sabendo portanto, em que contexto é mais apropriado empregar um ou outro. (MORTIMER, 2006, p.79)

Uma terceira característica apontada por Mortimer pode ser observada levando em consideração os níveis “pré-científicos” do perfil conceitual. Para Mortimer os níveis “pré-científicos” *“não são determinados por escolas filosóficas de pensamento, mas pelos compromissos epistemológicos e ontológicos dos indivíduos”* (MORTIMER, 2006, p.80). Logo, influenciadas pelas diferentes culturas, as *“características individuais tentam definir o perfil conceitual como um sistema supra-individual de formas de pensamentos que podem ser atribuído a qualquer indivíduo dentro de uma mesma cultura”* (MORTIMER, 2006, p.80).

Apesar de cada indivíduo possuir um perfil diferente as categorias pelas quais ele é traçado são as mesmas para cada conceito. A noção de perfil conceitual é, portanto, dependente do contexto, uma vez que é fortemente influenciada pelas experiências distintas de cada indivíduo; depende do conteúdo, já que, para cada conceito em particular, tem-se um perfil diferente. Mas as categorias que caracterizam o perfil são, ao mesmo tempo, independentes de contexto, uma vez que, dentro de uma mesma cultura, têm-se as mesmas categorias pelas quais são determinadas diferentes zonas do perfil. (MORTIMER, 2006, p.80).

Com esta concepção, o perfil conceitual pode auxiliar o professor de ciências na abordagem de conceitos científicos em sala de aula, atribuindo um processo de ensino e aprendizagem reflexivo em que os estudantes trabalhem o assunto em seu devido contexto. Nesse sentido, de acordo com Mortimer, *“os mesmos tipos de concepções relacionadas a um determinado conceito científico”* são identificados nos estudantes em *“diferentes partes do mundo”* (MORTIMER, 2006, p.81).

CAPITULO II

POR QUE RADIAÇÃO?

“Ninguém ignora tudo. Ninguém sabe tudo. Todos nós sabemos alguma coisa. Todos nós ignoramos alguma coisa. Por isso aprendemos sempre”.

(Paulo Freire)

Como vimos no capítulo anterior, o perfil conceitual desenvolvido por Mortimer para um determinado conceito científico introduz algumas características ao perfil epistemológico que não estão presentes na visão filosófica de Bachelard, que por sua vez, caracteriza a construção de seu perfil a partir da análise da evolução histórica e filosófica do conceito. Neste caso, buscaram-se diferentes formas de conceitualizar a realidade relacionada a um conceito científico específico. Portanto, a construção de um perfil conceitual deve conter além da visão epistemológica uma percepção pré-científica do termo.

Tomando como referencial teórico esta abordagem histórica ontológica, acreditamos ser possível identificar diferentes intervenções pedagógicas dos licenciandos de Física da Universidade Federal de Goiás -UFG- sobre o ensino de FMC através das categorias do **perfil conceitual de radiação** proposto por ZAÏNE (2003).

Portanto, justifica-se a escolha do tema “radiação” devido à importância da relação das diferentes “radiações” e suas interações com a matéria, relação que acreditamos ser capaz de proporcionar o entendimento do universo físico microscópico pertencente à FMC.

A relação direta entre a radiação e FMC também é relacionada no trabalho de OSTERMANN & MOREIRA (2000), que apresentam uma *lista consensual* entre físicos pesquisadores em ensino e professores do EM,

elaborada relacionando os principais tópicos de FMC que devem ser abordados no nível médio. Nesta lista, destacam-se direta ou indiretamente alguns fenômenos que envolvem o termo radiação como, por exemplo: a teoria quântica da radiação de Planck que por sua vez fundamenta o estudo do efeito fotoelétrico; a dualidade onda-partícula e o átomo de Bohr.

(...) com a finalidade de obter uma lista consensual, entre físicos, pesquisadores em ensino de Física e professores de Física do ensino médio, sobre quais tópicos de Física Contemporânea deveriam ser abordados na escola média, se quiséssemos atualizar o currículo de Física neste nível, chegamos a seguinte lista final: efeito fotoelétrico, átomo de Bohr, leis de conservação, radioatividade, forças fundamentais, dualidade onda-partícula, fissão e fusão nuclear, origem do universo, raios X, metais e isolantes, semicondutores, laser, supercondutores, partículas elementares, relatividade restrita, Big Bang, estrutura molecular, fibras ópticas. (OSTERMANN & MOREIRA, 2000, p. 43)

Na busca de atingir os objetivos deste trabalho, antes de categorizar o conceito de radiação proposto no trabalho de Zaiane, vamos estabelecer as diferentes definições do termo “radiação” em sua origem, tendo como intuito a necessidade de relacionar a Física com outras áreas do conhecimento como a HFC.

2.1 – O CONCEITO DE RADIAÇÃO

De um modo geral, deve-se levar em consideração que diferentes visões do termo “radiação” podem ser encontradas na literatura, sendo capaz de produzir no aluno estruturas cognitivas, atreladas a um senso comum adquirido por sua cultura, que dificultará o processo de ensino e de aprendizagem do conceito de radiação científica.

Assim, com o intuito de caracterizar as categorias do perfil conceitual de radiação, a seguir analisamos o conceito de radiação em diferentes contextos.

2.1.1 – DIFERENTES DEFINIÇÕES DO TERMO RADIAÇÃO.

Tem-se a origem do termo “radiação” no latim *radiatio - ónis* sendo este uma derivação do feminino singular de radiar. Em uma definição atribuída ao DICIONÁRIO HOUAISS DE LÍNGUA PORTUGUESA (2009), seguem-se ao termo as concepções substantivas de:

- **Brilho** que define-se como: **1** – luz que um corpo irradia ou reflete, **2** – luminância, **3** – intensidade, vibração, **4** – caráter ou condição daquilo que esbanja luxo, opulência; esplendor, magnificência, **5** – destaque em determinado comportamento ou ação, **6** – capacidade intelectual; agudeza de espírito, **7** – qualidade do que é primoroso, do que enleva, **8** – vivacidade, alegria.
- **Esplendor** que define-se como: **1** – brilho ou luminosidade intensa; fulgor, resplendor, resplandecência, **2** – qualidade daquilo que é grandioso, luxuoso; magnificência, opulência, suntuosidade.
- **Irradiação** que define-se como ato ou efeito de irradiar (-se) admitindo as ideias de: **1**– propagação, difusão por meio de raios, **2** – exposição de um material a um feixe de radiação ionizante, feita de modo natural ou artificial, **3** – exposição do organismo à ação de raios de qualquer natureza com finalidade diagnóstica ou terapêutica, **4** – transmissão radiofônica, **5** – propagação que se faz de um centro para diversas partes, **6** – difusão, propagação de alguma coisa de cunho abstrato (fato, sentimento, ideia etc.).

O termo “radiação” envolve concepções universais em diferentes culturas que o consolida como representações de realidades comuns ao cotidiano. Vale ressaltar que a conotação de um caráter científico de radiação começa a ser verificada somente a partir do século XVII, consolidando-se nos estudos das radiações de corpo negro do século XIX.

Buscando no dicionário Aurélio (2009), o significado da palavra radiação remete-se ao ato ou efeito de radiar ou às ondas ou energia luminosa, calorífica, etc. É possível observar que o dicionário Aurélio remete-se a uma concepção ampla que acomoda várias vertentes não científicas do termo

radiação. Porém, como já apresentado, o dicionário também aborda uma concepção puramente científica do termo atrelando-a as concepções de energia luminosa e calorífica que por si remetem-se aos conceitos de luz e calor.

Na Enciclopédia Encarta (2000) o termo “radiação” é visto como “o processo de transmissão de ondas ou partículas através do espaço ou de algum meio”. Ao prosseguir com a definição é enfatizado a empregabilidade do termo para as próprias ondas ou partículas, levando-se em consideração o fato de terem muitas características em comum sendo produzida predominantemente em uma das duas formas. No mais, classifica a radiação em:

- **Radiação mecânica:** corresponde a ondas que só se transmitem através da matéria, como as ondas de som;
- **Radiação eletromagnética:** não depende da matéria para sua propagação; contudo, a velocidade, a intensidade e a direção de seu fluxo são influenciados pela presença de matéria;
- **Radiação ionizante:** reporta-se a radiação eletromagnética com suficiente energia para causar mudanças nos átomos sobre os quais incide;
- **Radiação de partículas:** pode ser ionizante, se tiver bastante energia.

Em uma concepção Física, o termo **radiação** pode ser definido, em modos gerais, como sendo a propagação da energia por meio de *partículas* ou *ondas eletromagnéticas*. Em geral, trata-se o conceito de radiação através da evolução histórica da *radiação eletromagnética*, desde suas concepções iniciais relacionadas ao sentido e a percepção da luz e do calor.

2.1.2 A RADIAÇÃO NOS LIVROS DIDÁTICOS.

No EM as primeiras concepções científicas de radiação aparecem no estudo da Calorimetria nas definições de transmissão de calor ou na Óptica nas definições de raios de luz, porém, no decorrer do EM, outras concepções são apresentadas através do estudo do Eletromagnetismo e da Física Moderna.

No intuito de mostrar as primeiras concepções científicas do termo “radiação” dos estudantes, colocamos em destaque no *Quadro 1* as primeiras definições científicas que envolvem direta ou indiretamente o termo “radiação” presentes em cinco livros didáticos propostos pelo Programa Nacional do Livro Didático para o Ensino Médio - PNLEM/2011.

Quadro 1 - Conceito científico do termo “radiação” inicialmente apresentado por cinco livros adotados pelo PNLEM/2011.

LIVRO DIDÁTICO	PRIMEIRA CONCEPÇÃO CIENTÍFICA	
	<p>GASPAR, A.; <i>Compreendendo a Física – Ondas, Óptica e Termodinâmica</i>, Vol. 2 e 3; Ed. Ática, 2011.</p>	<p>Define a radiação como sendo “o processo mais importante de propagação do calor”. (GASPAR, 2011, V.2, p.356)</p>
	<p>DOCA, R. H.; BISCUOLA, G. J.; VILLAS BÔAS, N.; <i>Física</i>, Vol. 2 e 3; Ed. Saraiva, 2010.</p>	<p>Define a radiação como sendo “o processo de propagação de energia na forma de ondas eletromagnéticas” que “ao serem absorvidas, parte da energia dessas ondas se transforma em energia térmica”. (DOCA, 2010, V.2, p.36)</p>
	<p>KAZUHITO, Y.; FUKU L. F.; <i>Física para o Ensino Médio</i>, Vol. 2 e 3; Ed. Saraiva, 2010.</p>	<p>Define a radiação térmica como sendo “a propagação de calor na qual a energia (térmica) se transmite através de ondas eletromagnéticas” (KAZUHITO, 2010, V.2, p.45). Posteriormente apresenta o texto “Radiações térmicas e a lei de Stefan-Boltzmann” que fundamenta a teoria de Stefan e Boltzmann sobre a radiação de corpo negro (KAZUHITO, 2010, V.2, p.49).</p>
	<p>MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B.; <i>Curso de Física</i>, Vol 2 e 3, Ed. Scipione, 2011.</p>	<p>Define a radiação térmica como sendo “constituídas de ondas eletromagnéticas”. (MÁXIMO, 2010, V.2, p.78).</p>
	<p>SANT'ANNA, B.; MARTINI, G.; REIS, H. C.; SPINELLI, W.; <i>Conexões com a Física</i>, Vol 2, Ed. Moderna, 2010.</p>	<p>Define a radiação térmica como sendo um “processo de propagação de calor que se caracteriza pelo transporte de energia por meio de ondas eletromagnéticas (radiação infravermelha)” (SANT'ANNA, 2010, V.2, p.25).</p>

Fonte: própria

Embora, nos cinco livros apresentados, os autores relacionem a radiação como sendo um dos processos de transmissão de calor ou da luz os

mesmos não deixam claro o que entendem como sendo a radiação. No entanto, em todos os casos, a radiação é tratada como sendo *ondas eletromagnéticas* capazes de promover uma sensação de calor ou simplesmente relacionando o termo “radiação” à natureza da luz. Porém, nem todos os livros relacionam o termo “radiação” a certa quantidade de energia emitida ou absorvida por um corpo.

Desta forma, constata-se que a maioria dos estudantes, no final do EM, não assimilam com clareza todas as concepções que envolvem o termo “radiação”, devido à continuidade de uma visão descontínua da evolução científica do termo “radiação”, provocada pela fragmentação dos fenômenos científicos que envolvem este termo.

De um modo geral, os estudantes de EM e os licenciandos não são introduzidos a uma concepção histórica e evolutiva do conceito de radiação. Visto que, as definições científicas do conceito de radiação são relacionadas apenas ao tipo de radiação no qual se deseja estudar ou simplesmente ao estudo das ondas eletromagnéticas.

Sendo assim, esta continuidade desse processo de ensino e de aprendizagem do conceito de radiação é capaz de gerar nos estudantes e nos licenciandos fracas noções sobre sua definição científica favorecendo em sua aprendizagem a permanência do senso comum do termo “radiação”.

2.2 – O PERFIL CONCEITUAL DE RADIAÇÃO SEGUNDO ZAÏNE.

Um dos objetivos deste trabalho é a realização de um levantamento histórico científico das categorias conceituais de radiação estabelecidas no trabalho de ZAÏANE (2003), de forma a buscar uma melhor compreensão da coexistência do senso comum e do conceito científico de radiação. Assim, é fundamental dedicarmos um espaço para descrever o conceito de radiação em sua trajetória ao longo da história do homem e da ciência.

No artigo de Zaïane observa-se uma análise histórica do perfil epistemológico de radiação no qual o autor atribuiu cinco zonas epistemológicas: *o realismo ingênuo, o empirismo positivista, o racionalismo clássico, o racionalismo completo e o racionalismo dialético.*

Embora tenha classificado cinco zonas epistemológicas, o autor não demonstra relatos históricos científicos e/ou culturais que delimitaram cada zona, porém, atribui a cada uma das definições as diferentes concepções de radiação.

- No **realismo ingênuo** o autor remete a uma concepção de radiação voltada para caracterização de uma substância relacionada ao aquecimento ou com a matéria visual que proporciona a visão.
- Para o **empirismo positivista** a luz é perceptiva e quantitativa sendo atribuída a teorias que se baseiam-se na observação e nas leis da geometria ou fotometria visual.
- O **racionalismo clássico** é representado pela ação partilhada da luz entre as propriedades corpusculares e as ondulatórias além da existência de um estudo energético das radiações.
- O **racionalismo completo** é caracterizado pela concepção energética contínua da radiação sendo representado pelo surgimento da termodinâmica clássica do corpo negro e a fotometria.
- O **racionalismo dialético** surge com a física microscópica e probabilística onde a realidade da radiação se torna imaterial, abstrata e quântica.

Baseando-se neste perfil epistemológico e nos resultados de sua pesquisa, Zaiane, constrói quatro categorias conceituais que caracterizam o perfil conceitual dos estudantes a respeito da radiação: *a teoria familiar, a teoria energética clássica, a teoria da fotometria física e a teoria quântica energética.*

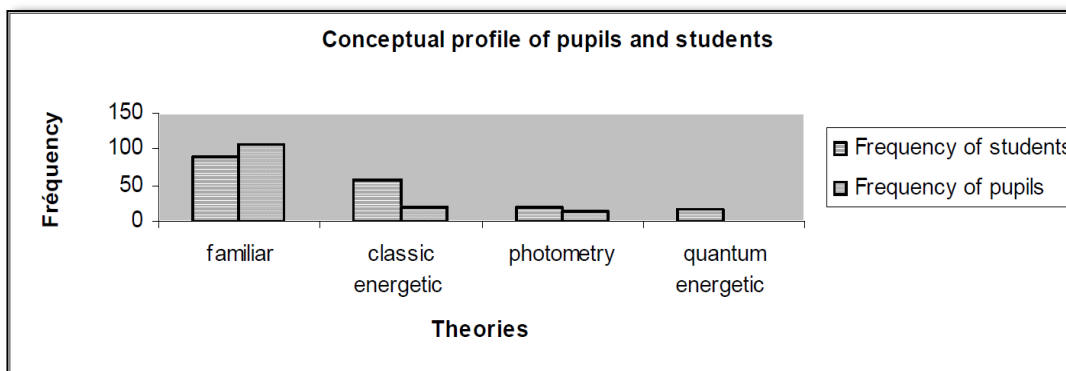


Fig. 2 – O perfil conceitual de radiação (ZAIANE, 2003, p.2).

Com a pretensão de ilustrar, através de um perspectiva histórica científica, as categorias conceituais de radiação atribuídas no trabalho de Zaiane, pois o mesmo não é suficiente para observar a evolução histórica do conceito de radiação, a seguir são relatadas algumas passagens históricas dos conceitos de luz, calor e energia exibidos em diferentes trabalhos encontrados na atual literatura do ensino de ciências que, de certa forma, descrevem a evolução histórica científica e/ou cultural do conceito de radiação.

2.2.1 – A TEORIA FAMILIAR.

Apontada por Zaiane como sendo a mais importante do perfil conceitual de radiação dos estudantes, esta categoria relaciona a maior frequência das concepções devido sua relação com um conhecimento espontâneo e natural caracterizado pelas *experiências da vida cotidiana dos próprios estudantes* (ZAIANE, 2003, p. 2), portanto relacionadas ao senso comum.

De fato estudos históricos mostram que as ideias iniciais a respeito da radiação estão relacionadas à percepção humana da energia emitida por um corpo na forma de calor, luz ou partículas. Neste sentido, Zaiane mostra que a categoria da teoria familiar divide-se em quatro subcategorias distintas: *sensualista, substancialista, materialista e de iluminação*.

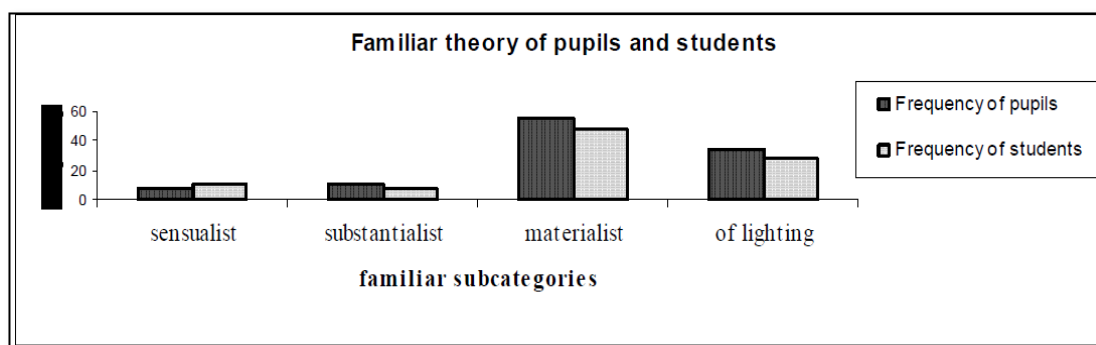


Fig. 3 – As subcategorias da teoria familiar (ZAIANE, 2003, p.2).

De modo geral, Zaiane define as subcategorias da categoria da teoria familiar de acordo com diferentes características relacionadas ao senso comum dos estudantes. Desta forma, é importante evidenciar que neste

trabalho, embora haja uma separação tênue entre as subcategorias sensualista e substancialista, será proposto à junção entre essas subcategorias devido à proximidade de suas caracterizações onde ambas se relacionam a descrição e a caracterização da natureza do calor. Logo, denominaremos essa nova subcategoria como sensualista/substancialista.

2.2.1.1 – A SUBCATEGORIA SENSUALISTA/SUBSTANCIALISTA

A subcategoria s sensualista/substancialista no qual refere-se este trabalho, esta relacionada a um sentimento imediato dos estudantes relacionado à percepção ou a sensação do calor bem como da caracterização de sua natureza.

Nesta perspectiva, observa-se no trabalho de Amaral (2001) que, no estudo histórico científico do calor, é atribuído às ideias mais primitivas deste termo, aquelas nascidas das sensações térmicas de quente e frio.

Desta forma, considera-se como as primeiras noções de calor a origem e o uso do fogo pelo homem que proporcionou, no decorrer das eras, a percepção de uma “sensação quente” proveniente de um corpo, mesmo que esteja situado a uma determinada distância. Deste modo, pode-se atribuir a ideia de fonte térmica ao corpo emissor de calor dando ao mesmo uma noção primitiva relacionada a uma fogueira, ao Sol ou a qualquer outro corpo que possa de certa forma, emitir a sensação quente.

Embora a ideia de sensação quente caracterize uma concepção de radiação relacionada ao substantivo irradiar, as primeiras tentativas de caracterizar a natureza do calor vieram das representações gregas do fogo provenientes dos filósofos naturalistas Heráclito (535–470 a.C.), Platão (428 ~ 348 a.C.) e Aristóteles (384–322 a.C.). Essas representações deram ao fogo diferentes caracterizações, para Heráclito o fogo era *à base das diversas manifestações e transformações da matéria conhecida* (VIDAL, 1986), já Platão considerava o fogo como *o elemento mais leve e mais móvel* (VIDAL, 1986) e para Aristóteles o fogo, correspondia a uma qualidade da matéria relacionada ao *quente-seco* (VIDAL, 1986).

As experiências realizadas pelos antigos gregos relacionadas a sensação térmica não produziram um consenso sobre a natureza do calor. De fato, ao longo da evolução histórica humana, novas ideias sobre as possíveis naturezas do calor foram desenvolvidas, na própria Grécia antiga Leucipo (530–430 a.C.) e Demócrito (460–370 a.C.) relacionaram a forma do calor a certo tipo de átomo que escapavam dos corpos quentes.

Porém, embora diferentes ideias perdurassem, todas baseavam-se na tentativa de caracterizar o calor em duas formas materiais distintas: o *ánimico* e o *substancial*, que de certa forma davam ao calor uma ideia de movimento no espaço, o concebendo como uma espécie de irradiação. De certa forma, a ideia animista caracteriza-se em descrever o movimento do calor como independente da vontade do homem, fato que fundamenta o princípio das trocas de calor.

No contexto animista, a atribuição de “vida” pode ser feita ao calor, considerado como uma entidade que se movimenta por suas próprias forças. Em outros momentos, o comportamento animista é atribuído ao objeto ou material que “deseja” receber ou perder calor. (AMARAL, 2001, p.5)

Para o caráter substancialista o calor é concebido como sendo capaz de penetrar a matéria, considerando-o uma substância inerte.

Embora tenham concepções diferentes, o substancialismo e o animismo partem das ideias de que o calor provém de um formalismo material. No entanto, uma possível diferença entre essas duas concepções, está relacionada ao fato de considerar esses dois aspectos descritivos como sendo apenas uma *mudança dentro da mesma categoria ontológica* (AMARAL, 2001, p.5). Referindo-se à natureza dos objetos, proporciona ao calor uma visão de *substância material* recaindo a uma categoria subordinada denominada de espécies naturais, que apresenta ramificações entre *vivos (plantas e animais) e não-vivos (sólidos e líquidos)* (AMARAL, 2001, p.5-6).

Essas influências imediatas dos sentidos humanos com relação ao natural demonstradas pelos antigos Gregos geram posturas pouco refletidas sobre as ideias iniciais de calor, fazendo com que a sensação de calor enquadre-se em um dos obstáculos epistemológicos de Bachelard denominado

de *primeira experiência*. Como vimos anteriormente, este obstáculo é apontado por Bachelard como um entrave aos progressos do pensamento científico, pois as ideias sensualistas são apenas descrições realizadas pelo encanto dos sentidos, e, portanto repletas de imagens onde, neste caso, só há a preocupação em descrever o que é o calor para caracterizá-lo.

Com as concepções sobre o movimento do calor na forma de um fluido imponderável, e sua relação com uma ideia de sensação do quente, podemos caracterizar a subcategoria sensualista/substancialista de radiação. Para isso, tratamos este tópico, como sendo a relação da capacidade de movimento do calor perante a natureza, o que de acordo com Zaiane representa uma noção de “calor radiante” percebida nas concepções provocadas inicialmente em alguns estudantes. Isto, segue uma natural caracterização do calor relacionando-o a uma *espécie de fluido* (AMARAL, 2001, p.7) que atribui ao mesmo, concepções substantivas de radiação relacionadas a brilho, esplendor e irradiação.

2.2.1.2 – A SUBCATEGORIA MATERIALISTA

A relação entre a sensação quente e a luz é sensivelmente perceptível através dos sentidos humanos levando-nos a observar pré-cientificamente que, de uma mesma fonte térmica, há a emissão de calor e de luz. Colaborando com essa análise, Druzian admite que as primeiras concepções de luz referem-se à antiga Grécia, relacionando-as principalmente à “*percepção visual*” (DRUZIAN, 2007, p.5).

Desde a Grécia clássica até o começo do século dezanove, o tema ‘Óptica’ referia-se principalmente à percepção visual, com pouca ênfase no estudo da natureza e propriedades da luz. (DRUZIAN, 2007, p.5)

Porém, entre a antiga Grécia e os trabalhos sobre a Óptica de Johannes Kepler (1571-1630), pode-se observar, na evolução histórica científica desse período, várias explicações teóricas sobre a natureza e a propagação da luz.

Silva aglutina em seu trabalho diferentes explicações gregas sobre luz e visão, propondo a admissão de três modelos distintos sobre a concepção de

luz proveniente dos gregos, cuja finalidade era simplesmente a de compreender o que existe no espaço entre os olhos e o objeto.

Para responder a isso, foram criados três modelos distintos: a tese dos raios visuais, segundo a qual os olhos emitiam partículas luminosas; a noção de que os olhos recebiam raios emitidos pelos corpos; e a terceira concepção, formulada pelo filósofo grego Platão (428-348 a.C), de que a visão de um objeto era devida a três jatos (raios) de partículas: um proveniente dos olhos, outro do objeto e o último da fonte iluminadora. (SILVA, 2010, p.47)

Diferentes modelos foram precedidos por diferentes teorias, atribuídas a grandes pensadores gregos como Aristóteles, que considerava a luz “*um estado do meio transparente*” (DRUZIAN, 2007, p.5); Leucipo e Demócrito que definiram a luz como sendo “*átomos arredondados e velozes que deslocavam no vazio emanados por um objeto*” (SILVA, 2010, p47); Pitágoras (582–500 a.C.), Empédocles (493–433 a.C.) e Platão que acreditavam que a visão se daria por “*um mecanismo chamado de extramissão, em que um fogo interior ao olho seria emitido para o objeto que entraria em conjunção com a luz solar incidente sobre este*” (DRUZIAN, 2007, p.5).

Em todos os casos, podemos atribuir às primeiras noções sobre a natureza da luz duas concepções distintas compostas por: uma visão animista onde as noções primitivas da natureza da luz relacionam-na com o sentido da visão; e uma visão realista positivista que remete a teoria atomística apoiada em fatos empíricos, onde usa-se a noção de “*feixe de luz*” (PINTO, 1999, p.13).

A história da luz apresentou grandes progressos nos séculos XIII e XIV, a partir de várias pesquisas físicas e metafísicas que se apoiavam empiricamente na geometria. Porém, a procura da natureza da luz ganha novos ingredientes no século XVI quando foram propostos dois modelos distintos: o ondulatório e o corpuscular.

No século XVII, duas teorias se opunham a esse respeito. A primeira afirmava que a luz é uma substância, uma entidade física autônoma que emana dos corpos luminosos. A segunda sustentava que a luz é uma propriedade de um substrato existente entre os corpos materiais, uma perturbação que se propaga no espaço. (BEN-DOV, 1996, p. 89)

Apoiando-se no modelo corpuscular, Isaac Newton (1643–1727), em sua obra *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*, apresenta a ideia de uma concepção materialista para a radiação. Newton compreendia a luz como partículas de tamanhos distintos que explicavam facilmente os fenômenos da reflexão e da refração da luz.

O adepto mais eminente da primeira teoria foi Newton, que considerava a luz um fluxo de partículas que se deslocavam no espaço vazio. Essa hipótese permitia explicar várias propriedades elementares da luz, sobretudo seu deslocamento retilíneo ou – à maneira de bolinhas elásticas que ricocheteassem contra uma parede – sua reflexão por um espelho. Newton explicou sua experiência de refração através de um prisma postulando que uma luz de determinada cor corresponde a um tipo específico de partículas, a luz branca sendo uma mistura de partículas de tipos diferentes. . (BEN-DOV, 1996, p. 89)

Porém, com o passar dos anos e com o avanço nos estudos acerca da estrutura da matéria, não só a luz teria uma concepção de emissão de partículas, mas também o próprio átomo.

Primeiramente concebido como indivisível, os cientistas descobriram que o átomo era na verdade composto de várias partículas. Embora a descoberta oficial do elétron em 1897, realizada pelo físico britânico Joseph Thomson (1856–1940), o coloque como sendo a primeira partícula subatômica descoberta, o estudo sobre a emissão de partículas subatômicas já eram temas de inquietudes científicas ainda inexplicáveis. Como exemplo, a descoberta e estudo das propriedades dos raios catódicos, no tubo de Crookes, idealizado pelo químico e físico britânico William Crookes (1832-1919).

Foi em decorrência das análises experimentais dos raios catódicos de Crookes que o físico alemão Wilhelm Roentgen⁵ (1845-1923) descobre a existência do raio X em 1895 que, apesar de suas funcionalidades na prática médica serem cada vez mais utilizadas na atualidade, uma melhor explicação sobre sua natureza, realizadas por Roentgen, teve como resultado duas concepções distintas: uma que o caracterizava como sendo vibrações transversais numa substância hipotética, sem cor e nem cheiro, o éter, e outra

⁵ Foi o primeiro físico a receber o Prêmio Nobel de Física em 1901.

que o define como sendo vibrações longitudinais no éter. Porém, foram as observações referentes às fosforescências estranhas, apontadas por Roentgen, que levou o francês Henri Becquerel⁶ (1852-1908) a investigar se todos os corpos fosforescentes poderiam emitir raios similares.

A investigação de Becquerel resultou na descoberta de novos raios que compartilhavam certas características dos raios X ao serem observados através da exposição do elemento Urânio ao Sol, porém, podiam ser desviados por um campo magnético que, atribuía ao mesmo, ser composto por partículas carregadas.

Realizei o seguinte experimento com sulfato duplo de urânio e potássio, dos quais possuo alguns cristais que formam uma crosta fina, transparente. Uma chapa fotográfica de Lumière é embrulhada em duas folhas de papel preto muito espessas, de tal modo que a chapa não se escurece mesmo quando exposta ao Sol durante um dia inteiro. Um floco da substância fosforescente é colocado sobre o papel, fora dele, e o conjunto é exposto ao Sol por várias horas. Quando a chapa fotográfica é revelada, aparece a silhueta da substância fosforescente em preto, no negativo. Se for colocada uma moeda ou uma chapa metálica furada entre a substância fosforescente e o papel, suas imagens serão visíveis no negativo. O mesmo experimento pode ser repetido colocando uma placa fina de vidro entre a substância fosforescente e o papel. Isso exclui a possibilidade de qualquer ação química por vapores que pudessem escapar da substância quando ela é aquecida pelos raios do Sol. É possível concluir desses experimentos que esta substância fosforescente emite radiações que atravessam um papel opaco à luz e reduzem os sais de prata (BEQUEREL, 1896a apud MARTINS, 2004, p.506).

Em consequência da popularização dos “raios de Becquerel”, Marie Curie⁷ (1867-1934) interessou-se pelos fenômenos observados por Becquerel. Posteriormente, em estudo conjunto, Marie e Pierre Curie⁸ (1859-1906) desenvolveram um método de medição da energia irradiada de um material em relação a outro descobrindo empiricamente a emissão de irradiação de determinados materiais além do Urânio.

⁶ Em 1903, dividiu o Prêmio Nobel de Física com os franceses Pierre e Marie Curie, por seu trabalho sobre a radioatividade.

⁷ Primeira mulher a receber o prêmio Nobel e por duas vezes. De Física em 1903, pelos estudos sobre o fenômeno da radiação e, de Química em 1911, pela descoberta dos elementos rádio e polônio e estudo da natureza de compostos destes.

⁸ Pierre Curie dividiu com Marie Curie e Antoine Henri Becquerel o Prêmio Nobel de Física de 1903, pela descoberta dos elementos radioativos.

Chamarei de radioativas as substâncias que emitem os raios de Becquerel. O nome hiperfosforescência que foi proposto para o fenômeno parece-me transmitir uma idéia errada sobre sua natureza (CURIE, 1899 apud MARTINS, 2004, p.511).

Responsável pelo termo “radioatividade” Marie e Pierre Curie, tornaram o assunto amplamente discutido proporcionando o interesse de varias pesquisas na busca da natureza e diversidade das radiações emitidas por materiais radioativos. Tomando parte dessa busca, Ernest Rutherford⁹ (1871-1937) observou que as substâncias radioativas têm alto peso atômico e sua radioatividade parece ser independente de estados químicos que levou-o a notar a existência de dois tipos de radiação de Urânio, uma facilmente absorvida e outra mais penetrante denominando-as respectivamente de α e β .

Ao observar a evolução histórica que diz respeito à natureza corpuscular da luz bem como a evolução histórica dos raios X, observa-se a presença de uma relação entre a radiação e a matéria que dá a radiação uma propriedade de objeto qualificando a subcategoria materialista da radiação.

2.2.1.3 – A SUBCATEGORIA DE ILUMINAÇÃO

Apesar da concepção corpuscular da luz explicar satisfatoriamente os fenômenos da reflexão e da refração, a mesma era insuficiente para a compreensão do fenômeno da difração da luz propiciando a Newton profundos estudos.

... estas ideias (de fácil reflexão e fácil refração da luz e os “*acessos de entrar ou não pela fenda*”) assumidas por Newton, apontam indícios de uma sensibilidade à característica dual da luz. (STAUB, 2005 p.88)

⁹ Recebeu o Prêmio Nobel de Física em 1908, por seu trabalho em física nuclear e por sua teoria da estrutura atômica, que descreve o átomo como um núcleo denso rodeado de elétrons. Identificou os três componentes principais da radiação e denominou-os raios alfa, beta e gama. Também demonstrou que as partículas alfa são núcleos de hélio.

Esse indício de uma característica dual da luz proporcionou a Newton certa intuição ondulatória que coloca sua teoria sobre a luz em um estágio *pré-ondulatório* (STAUB, 2005 p.89).

O modelo ondulatório da luz teve, entre outros, como grandes defensores René Descartes¹⁰ (1596–1650); Christian Huygens¹¹ (1629–1695); Robert Hooke¹² (1635–1703). Este modelo está relacionado como uma das teorias responsáveis pela hoje conhecida revolução científica do século XVI, cujo objetivo era o de constituir, através das regularidades dos fenômenos naturais observados experimentalmente, uma expressão matemática capaz de prever futuras situações do fenômeno estudado. Concebido inicialmente por Descartes, tinha como pressuposto a existência do meio éter, a luz era uma perturbação que se propagava através do mesmo. Porém, foram os trabalhos de Huygens, que adotava métodos geométricos para o cálculo da propagação da onda, que interpretaram os fenômenos da reflexão e da refração da luz concebendo-a como sendo uma vibração periódica.

Embora as teorias de Huygens e Newton explicassem os mesmos fenômenos, adotavam hipóteses diferentes e, devido ao *prestígio associado ao nome Newton, a maioria dos físicos do século XVIII privilegiou a teoria corpuscular* (BEN-DOV, 1996, p. 90).

Somente no início do século XIX, após a invenção de aparelhos ópticos de maior precisão, a teoria ondulatória se sobressai a corpuscular ao explicar os fenômenos da interferência e da difração da luz.

Observamos que a difração e as interferências só se manifestam se os parâmetros que definem a geometria do sistema físico – por exemplo, o tamanho da fenda na tela – tiverem dimensões comparáveis ao comprimento da onda, isto é, a distância entre duas cristas consecutivas. Como os comprimentos de onda da luz visível são muito pequenos – da ordem do décimo de milésimo de milímetro –, é praticamente

¹⁰ Filósofo, físico e matemático francês, fundador da filosofia moderna escreveu, entre outros: *O mundo ou tratado da Luz* (1632 – 1633) que contém estudos sobre a refração da luz e, principalmente, as bases epistemológicas contrárias à ciência escolástica, e o *Discurso sobre o método* (1637).

¹¹ Em seu *Tratado sobre a luz* desenvolveu uma teoria baseada na concepção de que a luz seria um pulso não periódico propagado pelo éter onde explica satisfatoriamente fenômenos como a propagação retilínea da luz, a refração e a reflexão.

¹² Físico experimental inglês, cujos trabalhos referem-se aos estudos do sistema ótico, do movimento harmônico simples e da resistência de materiais.

impossível observar casos de difração ou interferências luminosas na vida comum, quando não dispõe de instrumentos ópticos muito sensíveis. (BEN-DOV, 1996, p. 90)

É dentro deste contexto onde, a busca da natureza da luz, tem como instrumentos de medição aparelhos geométricos onde a leitura a olho nu basicamente *não estabelece uma precisão relevante obtendo-se apenas uma comparação e uma estimativa visual* (ZAIANE, 2003, p.2) que a subcategoria de iluminação da radiação é estabelecida.

2.2.2 – A TEORIA ENERGÉTICA CLÁSSICA

Com o estabelecimento das ideias iniciais de radiação, provenientes de uma concepção familiar do calor e da luz, uma visão racional de radiação é obtida através da evolução das concepções elétricas e magnéticas ocasionadas pelas ideias inovadoras de Isaac Newton sobre forças exercidas por outros objetos situados a certa distancia.

Nesse contexto histórico, as ideias iniciais sobre o eletromagnetismo surgem do questionamento sobre as interações entre corpos distantes capazes de produzir atrações e repulsões elétricas e magnéticas. Entretanto, fatos históricos mostram que, somente no fim do século XVIII, o comportamento dos corpos eletrizados e dos ímãs tiveram suas leis empíricas determinadas pelos físicos: Charles Augustin de Coulomb¹³ (1736–1806), Henry Cavendish¹⁴ (1731–1810) e Siméon Denis Poisson¹⁵ (1781–1840).

De fato, Cavendish, Coulomb e Poisson, fundadores das ciências exatas da eletricidade e do magnetismo, não deram nenhuma atenção aquelas noções antigas de ‘eflúvios magnéticos’ e ‘atmosferas elétricas’, que tinham sido propostas no século anterior, ao invés disso voltaram decididamente suas atenções para a determinação da lei de

¹³ Sua maior contribuição foram os estudos sobre eletricidade e magnetismo, em particular, a lei de atração e repulsão entre cargas elétricas e entre polos magnéticos.

¹⁴ Demonstrou que nenhuma carga permanece no interior de um condutor em equilíbrio eletrostático, sendo que sua obra completa foi editada por Maxwell.

¹⁵ Estudou problemas relacionados com as equações diferenciais. Em particular, lidou com a situação de um pêndulo oscilando num meio resistivo, a teoria do som, além de avançar no estudo das séries de Fourier. Desenvolveu vários trabalhos sobre o movimento e a forma terrestres.

força pela qual os corpos eletrificados e magnetizados atraem-se ou repelem-se uns aos outros. (TORT, 2004, p.278)

Embora a similaridade entre as características dos fenômenos elétricos e magnéticos indicasse uma possível relação entre elas, em 1820 obteve-se a primeira prova experimental dessa relação através do experimento de Hans Christian Oersted (1777–1851) no qual tratava-se sobre o efeito magnético da corrente elétrica. Neste experimento Hans Christian Oersted observou que ao aproximar uma agulha imantada de um fio de arame que unia os dois polos de uma pilha elétrica, a agulha imantada deixava de apontar para o norte, orientando-se para uma direção perpendicular ao arame.

Através do experimento de Oersted, André Marie Ampère¹⁶ (1775 – 1836) cria uma nova teoria denominada "Teoria matemática dos fenômenos eletrodinâmicos" que se baseia na existência de interações entre duas correntes elétricas resultando-se numa formulação de extrema complexidade quando comparada com a lei da gravitação de Newton. Porém, apesar de uma formulação complexa, sua teoria possibilitou a construção de um grande número de aparelhos eletromagnéticos no início do século XIX. Contudo, o eletromagnetismo só é considerado uma nova ciência após a introdução da noção de campo idealizada por Michael Faraday¹⁷ (1791–1867).

Essencialmente um experimentalista, Faraday inspirou trabalhos posteriores. Entre eles, destaca-se o eletromagnetismo de James Clerk Maxwell¹⁸ (1831–1879), que constitui um marco no desenvolvimento da Física ao conceber o espaço cheio de linhas de força, entendidas hoje como linhas do campo elétrico e magnético, onde correntes invisíveis de energia eram criadas pela própria presença dos objetos eletrizados ou magnéticos. Neste sentido, os objetos eletrizados ou magnetizados emitem e/ou absorvem certa energia característica que submete as linhas de força a um tipo de radiação.

¹⁶ Estudou a refração da luz. Continuou o estudo de Oersted sobre a influência de correntes elétricas em ímãs e obteve uma lei de força descrevendo a interação entre elementos de corrente.

¹⁷ Físico e químico britânico, conhecido pelas descobertas sobre a indução eletromagnética; sobre as leis da eletrólise; a existência do diamagnetismo; que um campo magnético tem força para girar o plano de luz polarizada que passa através de certos tipos de cristal.

¹⁸ Demonstrou que os campos elétricos e magnéticos se propagam com a velocidade da luz. Apresentou uma teoria da luz como um efeito eletromagnético, hipótese que tinha sido posta por Faraday.

Mas Faraday, por meio de uma série de passos notáveis por sua precisão geométrica, assim como pela sua engenhosidade especulativa, deu a sua concepção de linhas de força uma clareza e uma precisão bem maior do que aquela que os matemáticos de então poderiam extrair de suas próprias fórmulas. (MAXWELL, 1873 apud ROCHA, 2009, p.1604-6).

Fruto das ideias de Faraday, as linhas de força resultaram na concepção de um estado de tensão no espaço ao redor de corpos eletrizados ou magnéticos, dando a noção de um meio eletromagnético tido como uma espécie de “éter eletromagnético”, entretanto, as propriedades físicas desse meio não eram bem conhecidas.

Por razões similares podemos considerar a concepção de Faraday de estado de tensão de um campo eletromagnético como um método de explicar a ação à distância por meio de uma transmissão contínua de força, mesmo que não saibamos como este estado de tensão se produz. (TORT, 2004, p.280)

Embora tratassem de fenômenos diferentes, as características tensoras do meio eletromagnético se assemelhavam às do meio luminífero (éter) proposto por Christian Huygens em seus estudos sobre a propagação da luz. Procurando formalizar as idéias do meio eletromagnético e sua relação com o meio luminífero, Maxwell propõe uma teoria eletromagnética. Teoria esta que tem como base as idéias de Lorde Kelvin¹⁹ (1824–1907) sobre o mecanismo físico de transferência de calor por ação de partes em contato; e as idéias de Faraday sobre a ação a distância de Faraday. Porém, em sua teoria, Maxwell considera as linhas de força como sendo um tipo de substância, responsável pela transmissão dos efeitos elétricos e magnéticos, que preenchia todo o espaço.

Ao apresentar em seus estudos uma formulação matemática que unifica as leis de Coulomb; Oersted; Ampere; Biot/Savart; Faraday e Lenz, Maxwell descreve a possibilidade de o meio eletromagnético transmitir pequenas perturbações eletromagnéticas na qual se caracterizam como oscilações perpendiculares entre um *campo elétrico* e um *campo magnético* com uma única direção de propagação. Estas perturbações tem a mesma ordem de

¹⁹ William Thomson, foi o primeiro Barão Kelvin, fez importantes contribuições na análise matemática da eletricidade e termodinâmica.

magnitude da já determinada, por vários pesquisadores e por métodos diversos e ópticos, velocidade da luz no espaço planetário (vácuo).

“No início deste trabalho, fizemos uso da hipótese de óptica de (...) que as vibrações da luz são propagadas, a fim de demonstrar que temos razão justificável para a procura (...) analisamos os fenômenos eletromagnéticos, buscando sua explicação nas propriedades do campo que rodeia o corpo eletrificado ou corpos magnéticos. Desta forma, chegamos a algumas equações que expressam certas propriedades do que constitui o campo eletromagnético, deduzida só a partir de fenômenos eletromagnéticos, sendo suficientes para explicar a propagação da luz através da mesma substância” (MAXWELL, 1865, Pag. 497 – tradução própria).

O fato é que a comparação da luz com uma perturbação eletromagnética provenientes da teoria de Maxwell unifica o meio eletromagnético e luminífero concebendo a ideia de um único meio.

Apesar de ter sido proposto, inicialmente, como meio propagador da luz, o éter poderia agora ser pensado também como meio propagador das ondas elétricas e magnéticas. Para Maxwell, independentemente das dificuldades que pudéssemos ter para formar uma ideia consistente sobre a constituição do éter, não poderia haver qualquer dúvida de que os espaços interplanetários e interestelares não eram vazios, mas sim ocupados por uma substância material. (ROCHA, 2009, p.1604-9)

A teoria eletromagnética de Maxwell baseia-se na procura de uma explicação racional sobre as propagações das perturbações eletromagnéticas. Contudo, as próprias perturbações eletromagnéticas se caracterizam como sendo uma *radiação eletromagnética* irradiada pelo meio éter. Porém, mesmo descrevendo com clareza e propriedade os distúrbios produzidos por um campo eletromagnético, Maxwell considerava sua existência apenas uma hipótese.

Somente em 1888, o alemão Heinrich Rudolf Hertz²⁰ (1857–1894), produziu e detectou as perturbações eletromagnéticas anteriormente previstas por Maxwell. Porém, somente após os experimentos de Hertz, a comunidade

²⁰ Esclareceu e ampliou a teoria eletromagnética da luz, demonstrando que a eletricidade pode se transmitir em forma de ondas eletromagnéticas. Estas experiências conduziram-no à descoberta do telégrafo e do rádio sem cabos.

científica passa a aceitar a existência das radiações eletromagnética. Isto dá origem à produção de inúmeros estudos que envolviam sua interação com a matéria obtendo com isso a explicação de vários fenômenos como a reflexão, espalhamento, absorção, fluorescência, fosforescência e reações fotoquímicas, que comprovaram as características ondulatórias da radiação eletromagnética.

No final do século XIX, o problema da natureza da luz parecia estar definitivamente resolvido... as equações de Maxwell forneciam um suporte teórico a essa interpretação porque explicavam a natureza das vibrações que compunham as ondas luminosas: elas são um campo eletromagnético. Para Heinrich Hertz, a natureza ondulatória da luz passou então a ser um fato, uma certeza, até onde existem certezas em física. (BEN-DOV, 1996, p. 94)

É dentro deste contexto histórico que se caracteriza a segunda categoria do perfil conceitual de radiação, onde passa haver uma explicação sobre a interação entre a radiação e a matéria através das explicações sobre as propriedades eletromagnéticas da radiação, fundamentada por Maxwell, caracterizada pelas interações entre campos elétricos e magnéticos.

2.2.3 – A TEORIA DA FOTOMETRIA FÍSICA

A teoria eletromagnética proporcionou uma unificação entre o meio eletromagnético e o meio luminífero ao relacionar as perturbações eletromagnéticas com a luz. Porém, há uma estreita relação entre a luz e o calor que vai além de suas simples sensações.

De fato, dúvidas relacionada à sensação de calor e de luz perduraram até o desenvolvimento de instrumentos com precisão satisfatória (termômetros e calorímetros) capazes de medir essas sensações. Porém, mesmo que no século XVII já houvesse esse entendimento sobre as medidas térmicas, era necessário entender como o calor se propagava.

Foi somente no século XVIII que surgiram as primeiras experiências e os primeiros estudos sobre a transmissão da radiação térmica. Mas, apesar da

experiência realizada por Richard Watson²¹ (1737–1816) em 1773, foram os trabalhos de William Herschel²² (1738–1822) sobre o “calor radiante”, que surge a proposta de atrelar um aquecimento diferente para cada cor do espectro de cores do Sol. Ao perceber que os “raios caloríficos” eram refletidos e refratados como se fossem luminosos, Herschel concebe a idéia de que os raios caloríficos fossem uma espécie de raios invisíveis de luz.

“Calor radiante, pelo menos parcialmente, se não principalmente, composto, se me é permitida a expressão, de luz invisível, ou seja, dos raios provenientes do sol, que tem como um impulso para serem impróprios para a visão. E admitindo, como é altamente provável, que os órgãos da visão são apenas adaptados para receber as impressões das partículas de um certo momento, ele explica que o máximo de iluminação deve estar no meio dos raios refratáveis, como aqueles que têm maior ou menor momentos são igualmente susceptíveis de se tornarem impróprias para a impressão de vista.” (HOLDEN, 1887, Pag. 182-183– tradução própria).

O conceito de luz no final da Idade Média foi definido como sendo uma entidade física, uma forma de energia emitida por certos corpos que se propagava livremente pelo espaço até se chocar com o objeto observado, refletida para o olho (BEN-DOV, 1996, Pag. 86). Por isso, a idéia de que a luz estava relacionada com as cores e com o calor emitido pelos corpos que produziam essas cores. Isto influenciou vários trabalhos que relacionavam os “raios caloríficos” emitidos pelo corpo com a temperatura correspondente do corpo no momento dessa emissão.

O próprio Herschel, no decorrer de suas pesquisas, fez uma determinação cuidadosa da distribuição quantitativa da luz e do calor no espectro prismático. Em um de seus trabalhos, ao comparar as leituras dos termômetros sensíveis expostos em diferentes partes de um espectro solar intenso, ele descobriu que, a partir do fim do violeta, indo para perto do vermelho o calor aumentava. Esse fato surpreendente demonstrou que não só a

²¹ Descreveu uma experiência na qual demonstrou que um termômetro pintado de preto e exposto à luz do Sol indicava maior temperatura do que quando não estava enegrecido.

²² Embora seja conhecido pela descoberta do planeta Urano, em 1781, explicou o movimento intrínseco do Sol através do espaço, em 1783, desenvolveu os primeiros conhecimentos sobre a constituição da Galáxia, e descobriu a radiação infravermelha na luz do Sol apresentando conjecturas a respeito das propriedades dessa radiação.

luz visível emitia calor, mas que, o máximo de calor, houve em um traço sem luz após o vermelho.

Por mais que houvesse uma grande rejeição pela comunidade científica da relação entre o calor e a luz, a ideia de que o “calor radiante” era essencialmente de mesma natureza que a luz foi sendo aceita à medida que novas experiências eram realizadas. Mas, para além das experiências podemos relatar como uma das primeiras tentativas de se obter uma explicação teórica sobre os “raios caloríficos” a apresentada pelo físico André Marie Ampère, que também foi um dos responsáveis pela teoria eletromagnética.

Em sua teoria, publicada em 1832, Ampère propõe um modelo geométrico para o átomo onde demonstra que o calor e a luz eram ondas provenientes do meio éter.

Uma primeira tentativa de explicar teoricamente a radiação térmica foi apresentada, em 1832 (*Annalen der Physik* 26, p. 161), pelo físico francês André-Marie Ampère (1775-1836). Vejamos como. Em 1814 (*Annales de Chimie* 90, p. 43), ele havia formulado um modelo geométrico para o átomo, segundo o qual os átomos dos elementos químicos eram compostos de partículas subatômicas [Jagdish Mehra e Helmut Rechenberg, *The Historical Development of Quantum Theory*, Volume 1 (Springer Verlag, 1982)]. Desse modo, baseado nesse modelo atômico, Ampère demonstrou que o calor e a luz deveriam ser considerados como ondas no mesmo éter. (BASSALO, 1990, p. 3)

A partir deste modelo teórico, várias pesquisas e experimentos foram sendo desenvolvidos com o objetivo de relacionar o calor com a luz considerando-os perturbações do meio éter. Entre estas experiências, destacam-se as de James David Forbes²³ (1809-1868), Macedônio Melloni²⁴ (1798-1854) e Karl Herrmann Knoblauch²⁵ (1820-1895), que descreveram experiências sobre a polarização, a reflexão, a refração, a interferência, a difração e a dupla-refração dos “raios caloríficos”.

²³ Físico escocês tinha como foco de suas pesquisas em física as áreas de condução térmica, sismologia e glaciologia.

²⁴ Trabalhou com radiação térmica, e também com magnetismo das rochas, indução eletromagnética e fotografia.

²⁵ Em sua tese de doutorado, concluída em Berlim, em 1847, descreveu experiências que estabeleceram algumas das propriedades ópticas do calor radiante (conhecido como radiação infravermelha).

Porém, no decorrer da história, pode-se constatar como sendo um dos primeiros estudos racionalistas que abordam a relação entre calor e luz os de Pierre Prévost²⁶ (1751–1839). Em seus experimentos, Prévost estudou os efeitos do aquecimento e resfriamento de um corpo no qual pretendia conhecer a relação entre a temperatura e a cor dos “raios caloríficos” emitidos. Relaciona o termo “raios caloríficos” para “radiação calorífica” resultando em uma lei denominada *Lei das Trocas de Prévost*, onde um corpo recebe “tanto calor quanto pode irradiar” (BASSALO 1990, p.1).

Com efeito, em 1792, o físico suíço Pierre Prévost (1751 – 1839), ao observar que um corpo esquentando ao rubro começava a se esfriar ao emitir radiação calorífica, enunciou uma lei experimental que ficou conhecida como lei das trocas de Prévost (BASSALO, 1990, p.1).

As ideias de absorção e emissão de calor que fundamentam a teoria de Prévost são provenientes de uma concepção onde “*o conceito de calor passa a ser pensado como uma relação entre grandezas, adquirindo assim um caráter racional*” (AMARAL, 2001, p.9).

O calor poderá ser visto como uma forma de energia que se manifesta a partir do contato entre dois corpos à temperaturas diferentes, fluindo do corpo de temperatura mais elevada para o de temperatura mais baixa, não necessariamente por contato, mas também por radiação (BARBOSA LIMA E BARROS, 1997, apud AMARAL, 2001, p.9).

Com o racionalismo da medida do calor surge à busca da relação entre a capacidade de absorver e emitir de um corpo. O passo inicial desta busca pode ser atribuído ao experimento de Balfour Stewart²⁷ (1828 – 1877), sobre o poder de absorção e de emissão da “radiação térmica” (radiação calorífica) de uma placa de sal de rocha realizado em 1858. Porém foi com Gustav Robert Kirchhoff²⁸ (1824–1887), a partir da relação de Balfour entre a razão do poder de emissão e do poder de absorção como uma função da temperatura (T) e do

²⁶ Em 1792 mostrou que todos os corpos irradiam calor, sejam quentes ou frios.

²⁷ Em seu trabalho sobre o calor radiante que descobriu que os corpos irradiam e absorvem energia de mesmo comprimento de onda.

²⁸ Físico alemão, propôs o nome de “radiação do corpo negro” em 1862, e foi autor de duas leis fundamentais da teoria clássica dos circuitos elétricos e da emissão térmica.

comprimento de onda (λ) da radiação emitida ou absorvida, que aparece o termo “*radiação do corpo negro* ou *radiador integral*” (BASSALO, 1990, p.1-2).

Ao estabelecer a universalidade do espectro de “radiação térmica” onde, a densidade espectral de radiação emitida de um corpo negro independe das características particulares do objeto, e apenas da frequência da radiação e da temperatura, Kirchhoff define o corpo negro como um absorvente perfeito, com a capacidade de absorver toda a radiação que sobre ele incida, independentemente do comprimento de onda. Mas, estando o mesmo em equilíbrio térmico com o seu ambiente, naturalmente emitirá tanta energia quanto a que absorveu. Em resumo, Kirchhoff constata que o corpo negro é também um bom emissor.

Independente de Balfour, o físico alemão Gustav Robert Kirchhoff (1824 – 1887). Em 1859, fez essa mesma descoberta, isto é, a de que a razão entre o poder de emissão (e) e o de absorção (a) é uma função do comprimento de onda da radiação emitida ou absorvida e da temperatura absoluta T : $(e/a)\lambda = I(\lambda, T)$. Logo depois, em 1860, ao estudar com mais detalhes essa relação, o próprio Kirchhoff introduziu o conceito de corpo negro ou radiador integral, definindo-o como um corpo que absorve toda a radiação que incide nele, ou seja: $(e/a)\lambda = 1$ (BASSALO, 1990, p.1-2).

Apesar das comprovações sobre a absorção e emissão de radiação e do corpo negro serem elucidadas por Balfour e Kirchhoff, os físicos da época ainda não tinham uma expressão da função $I(\lambda, T)$, ou seja, não tinham uma equação que relacionava a radiação emitida em função do comprimento de onda e da temperatura. Foi somente em 1879, através dos trabalhos de Josef Stefan²⁹ (1835–1893), que consegue-se uma primeira tentativa de formalizar essa função.

Em 1879 Stefan havia estabelecido, a partir de resultados experimentais que a relação entre a densidade da energia de radiação térmica ρ_E e a temperatura T de um corpo negro tinha a forma $\rho_E \sim T^4$. Boltzmann deduziu a lei de Stefan a partir de argumentos puramente teóricos, partindo da hipótese de que a

²⁹ Físico e matemático austro-esloveno investigou a indução eletromagnética, os efeitos termomagnéticos, a interferência óptica, a condutividade térmica, a difusão, a capilaridade e a teoria cinética dos gases e, principalmente sobre a radiação de calor.

radiação exercia pressão sobre as paredes do recipiente que a continha. Desde então esta lei passou a ser conhecida como Lei de Stefan-Boltzmann. (DAHMEN, 2007, p.21)

Stefan chega a uma lei empírica que relacionava a intensidade total da radiação emitida por um corpo com sua temperatura absoluta elevada a quarta potencia. No entanto, somente em 1884, como consequência do trabalho de doutorado de seu aluno, físico austríaco e um dos criadores da mecânica estatística, Ludwig Edward Boltzmann (1844–1906), que se obteve a lei empírica de Stefan demonstrada em uma formulação matemática.

“Em sua vida publicou 139 artigos sobre os mais diversos assuntos: trabalhos experimentais em eletromagnetismo e acústica, teoremas sobre séries de Fourier, além de importantes contribuições para a mecânica, óptica e teoria da elasticidade”. Porém, “foram as suas contribuições para a termodinâmica e para a teoria cinética e o volume desta sua obra que fizeram dele o mais profícuo de entre os fundadores da mecânica estatística. (DAHMEN, 2007, p.16).

Um importante fato é que em sua demonstração matemática, Boltzmann considera como um gás a radiação eletromagnética que se encontra no interior de um corpo negro. E, ao aplicar a segunda lei da termodinâmica proposta por Nicolas Leonard Sadi Carnot³⁰ (1796–1832) em 1824, para esse suposto gás, é possível calcular sua pressão usando a teoria eletromagnética de Maxwell (BASSALO, 1990, p. 2-3), que como vimos no item anterior, atribui uma relação entre as perturbações eletromagnéticas e a luz.

Boltzmann tentou deduzir a lei de Stefan a partir de argumentos puramente teóricos, partindo da hipótese de que a radiação exercia pressão sobre as paredes de um recipiente que a continha. Combinando eletromagnetismo junto com a primeira e segunda leis da termodinâmica Boltzmann mostrou teoricamente que: $e = \sigma T^4$, onde σ era uma constante de integração. (DAHMEN, 2006, p.290)

Publicado três anos antes dos experimentos de Hertz que detectaram as "ondulações" eletromagnéticas, o trabalho de Boltzmann deu um “*novo suporte às teorias de Maxwell*” (DAHMEN, 2006, p.290). Ao relacionar luz,

³⁰ Físico, matemático e engenheiro francês concebe o primeiro modelo teórico de sucesso sobre as máquinas térmicas hoje denominado de Ciclo de Carnot, além de apresentar os fundamentos da segunda lei da termodinâmica.

calor e campo eletromagnético, Boltzmann mostrou que não era mais possível desmembrar essas concepções físicas, pois todas relacionavam-se ao serem consideradas pertencentes do mesmo meio.

Com a matematização da radiação emitida em função do comprimento de onda e da temperatura de um corpo negro $I(\lambda, T)$ proposta por Boltzmann podemos “medir” a energia da luz. É dentro deste contexto histórico que caracteriza-se a categoria da teoria fotometria física do perfil conceitual de radiação de Zaiane.

2.2.4 – A TEORIA ENERGÉTICA QUÂNTICA

No decorrer da história, ao estudar o espectro térmico da radiação de um corpo negro proposto por Stefan e Boltzmann, Wilhelm Wien³¹ (1864 – 1928) demonstrou matematicamente o deslocamento das curvas espectrais que hora já teria sido observado experimentalmente.

Nessa matematização, Wien considera a radiação térmica proveniente das vibrações de osciladores moleculares, sendo sua intensidade proporcional ao número de osciladores. Porém, a expressão final da radiação emitida em função do comprimento de onda e da temperatura $I(\lambda, T)$, proposta por Wien “já havia sido obtida, empiricamente, pelo físico Louis Paschen (1865–1940), em 1896” (BASSALO, 1990, p.3).

Lord Rayleigh (1842–1919), premio Nobel de Física em 1904, considera a intensidade da radiação térmica como “proporcional aos tons normais de vibração dos osciladores moleculares” (BASSALO, 1990, p.3-4), obtendo uma nova expressão para a radiação emitida em função do comprimento de onda e da temperatura $I(\lambda, T)$, que após correções executadas por James Jeans (1877–1946) passa a ser conhecida como Lei de Rayleigh-Jeans.

Nesse mesmo ano de 1905 e, independentemente, o físico inglês James Hopwood Jeans (1877–1946) encontrou uma nova expressão para $I(\lambda, T)$. Aliás, nessa ocasião, corrigiu um erro que Rayleigh praticara em seu artigo de 1905. Desse

³¹ Físico alemão, célebre por seus trabalhos sobre a radiação do corpo negro. Pela sua descoberta das leis de radiação do calor recebeu em 1911 o Prêmio Nobel de Física.

modo, a expressão agora corrigida: $I(\lambda, T) = 8\pi kT\lambda^{-4}$ é hoje mundialmente conhecida como Lei de Rayleigh-Jeans. (BASSALO, 1990, p.4).

Embora a teoria sobre a radiação emitida já tivesse um bom embasamento matemático, os físicos experimentais, na tentativa de construir um corpo negro a partir da sua ideia original sugerida por Kirchhoff, obtiveram basicamente dois tipos: um basicamente composto por uma cavidade como proposta por Kirchhoff e outro “formado por um recipiente com paredes duplas, sendo que o espaço livre entre elas servia de termostato para manter uma temperatura constante pré-fixada” (BASSALO, 1990, p.5).

As experiências realizadas com o corpo negro eram condizentes com a expressão de Wien apenas para $\lambda T \ll 1$, já a expressão de Rayleigh “ajustava-se bem às experiências” (BASSALO, 1990, p.5) para $\lambda T \gg 1$. A par desses acontecimentos o físico alemão Max Planck³² (1858-1947) ajusta a teoria de Wien e de Rayleigh propondo uma nova expressão para radiação emitida em função do comprimento de onda e da temperatura $I(\lambda, T)$.

Inteirando-se desse resultado, Planck apresentou em 19 de Outubro de 1900, em um seminário realizado na Sociedade de Física Alemã uma nova expressão para $I(\lambda, T) = \frac{c_1 \lambda^{-5}}{e^{\lambda T} - 1}$ que obtivera, de maneira eurística, ao fazer uma interpolação entre as fórmulas de Wien e Rayleigh. (BASSALO, 1990, p.5).

Com a comprovação experimental de sua expressão realizada por Heinrich Rubens (1865-1922) e Ferdinand Kurlbaum (1857-1927) Planck tenta deduzir teoricamente sua expressão utilizando a “*interpretação probabilística da entropia que Boltzmann propôs em 1877, para o cálculo dessa grandeza física e de seus osciladores moleculares*”. (BASSALO, 1990, p.6).

O fato é que a interpretação probabilística o fez admitir que a energia dos osciladores variasse discretamente de acordo com expressão $E = h \cdot \nu$. Na esperança de que essa admissão fosse apenas um artifício de cálculo, Planck acreditava que a constante h se anularia, mas ao combinar seus resultados matemáticos com os experimentais obteve para h o valor de $6,55 \cdot 10^{-27}$ erg.s.

³² Premio Nobel de Física em 1918, considerado o criador da teoria quântica.

A hipótese discreta de Planck levantou uma série de questões que destoavam da concepção contínua que a ciência até então se propunha. Mas, levou a explicação do efeito fotoelétrico, posteriormente solucionado por Albert Einstein³³ (1879–1955), ao admitir que a energia da radiação eletromagnética não era distribuída uniformemente, como indicava a teoria de Maxwell, mas sim de uma forma discreta em “pacotes” (fótons) de energia denominados quantum de luz cujo valor era o quantum $h.v$. Outra explicação proveniente da hipótese de Planck foi utilizada por Niels Bohr (1885–1962) na concepção de seu modelo atômico ao formular a “*hipótese da estabilidade da eletrosfera rutherfordiana*” (BASSALO, 1990, p.14).

A concepção discreta da energia da radiação eletromagnética incorporou o termo quântico na Física do século XX. Porém, com o desenvolvimento da mecânica quântica a teoria de Planck foi cada vez mais aceita na comunidade científica concebendo a luz uma natureza dual que se estende para a matéria.

O grande interesse desta síntese é a de revelar que, pelo menos no caso de da luz, ondas e partículas estão na própria natureza aparentemente ligados. Mas se assim for para a luz, não poderia perguntar se ocorre o mesmo para a matéria? Assim como o fóton não pode isolar-se da onda que lhe está associada, não devemos supor que os corpúsculos materiais também estão acompanhados sempre de uma onda? Não devemos estudar, em particular, se há algo estranho nas propriedades, que a teoria dos quantas tenha atribuído aos elétrons dando-lhes um aspecto de onda para completar o aspecto de partículas, já conhecido?... Supondo-se corajosamente que na natureza, ondas e corpúsculos estão sempre intimamente associados, o movimento de todo corpúsculo terá que estar associado com a propagação de uma onda. (DE BROGLIE, 1939, p.98-99 – tradução própria)

Ao obter uma explicação histórica sobre os fótons, e a dualidade onda-corpúsculo, contextualizamos a categoria da teoria energética quântica do perfil conceitual de radiação que proporciona ao estudante um conflito entre duas realidades provocadas pela concepção de uma natureza dual tanto da radiação quanto dos objetos que compõe o mundo.

³³ Premiado com o Nobel de Física em 1921, pela explicação do efeito fotoelétrico, é autor das teorias especial e geral da relatividade. Defendeu a ideia da natureza corpuscular da luz.

CAPITULO III

METODOLOGIA E ESTRATÉGIA DE AÇÃO

“Os educadores precisam compreender que ajudar as pessoas a se tornarem pessoas é muito mais importante do que ajudá-las a tornarem-se matemáticas, políglotas ou coisa que o valha”.

(Carl Rogers)

Ressaltamos, neste trabalho, a preocupação na formação de um professor reflexivo capaz de apresentar as diferentes concepções de um determinado conceito físico numa abordagem histórica e filosófica de forma a transformar o conhecimento científico adquirido em um conhecimento mais acessível ao estudante. Nessa linha de pensamento introduzimos as diferentes concepções do conceito de radiação descritas neste trabalho, são construídas levando em consideração a evolução histórica científica oposta à atual formação de professores de Física no sentido que se utiliza do conceito puramente científico sem nenhuma relação com sua transformação histórica do conceito. Nesta vertente do processo de ensino e da aprendizagem, a pesquisa deste trabalho tem como aspectos principais o **qualitativo** e o **estudo de caso**. Sendo que, a escolha do aspecto qualitativo justifica-se pelo contato direto da pesquisa com a situação onde os fenômenos ocorrem.

...um campo que era anteriormente dominado pelas questões da mensuração, definições operacionais, variáveis, testes de hipóteses e estatística alargou-se para contemplar uma metodologia de investigação que enfatiza a descrição, a indução, a teoria fundamentada e o estudo das percepções pessoais. Designamos esta abordagem por Investigação Qualitativa. (BOGDAN E BIKLEN, 1994, p. 11)

Desta forma, de acordo com BOGDAN E BIKLEN (1994), a investigação qualitativa proposta neste trabalho terá, na sua essência, cinco características:

- (1) a fonte direta dos dados é o ambiente natural e o investigador é o principal agente na recolha desses mesmos dados;
- (2) os dados que o investigador recolhe são essencialmente de carácter descritivo;
- (3) os investigadores que utilizam metodologias qualitativas interessam-se mais pelo processo em si do que propriamente pelos resultados;
- (4) a análise dos dados é feita de forma indutiva;
- (5) o investigador interessa-se, acima de tudo, por tentar compreender o significado que os participantes atribuem às suas experiências.

Para o aspecto do estudo de caso, compartilhamos com a ideia de Merriam que afirma que *Um estudo de caso é um estudo sobre um fenómeno específico tal como um programa, um acontecimento, uma pessoa, um processo, uma instituição ou um grupo social.* (MERRIAM, 1988, Pag. 9). Assim, uma pesquisa qualitativa, caracteriza-se pelo carácter descritivo, indutivo, particular e de sua natureza heurística que podem levar à compreensão do caso estudado.

Embora o estudo de caso pareça ser meramente descritivo, o mesmo pode possuir um profundo alcance analítico ao confrontar situações já conhecidas com teorias existentes, sendo capaz de gerar novas questões para uma futura investigação. Sendo assim, ao adotar o estudo de caso como estratégia de pesquisa mostra-se o interesse deste trabalho em gerar novas situações e questões a partir de um caso individual.

Em síntese, este trabalho constitui em um estudo de caso qualitativo na medida em que decorreu em ambiente natural (sala de aula), com um número reduzido de sujeitos (vinte e quatro licenciandos em Física matriculados na disciplina de *Evolução da Física II* da UFG). O principal instrumento de coleta de dados é definido por um questionário semiestruturado, cujos objetivos são: por um lado caracterizar e analisar, de acordo com o perfil conceitual de radiação proposto por Zaiane, o perfil conceitual de radiação e,

por outro, as diferentes intervenções pedagógicas na perspectiva do ensino e da aprendizagem da FMC dos licenciandos.

Além disso, o instrumento de pesquisa busca levantar opiniões e expectativas dos licenciandos em Física sobre as diferentes concepções a respeito do processo de ensino e de aprendizagem do ensino de radiação em sua formação, bem como identificar suas concepções a respeito dos fenômenos do calor e da luz visível.

Desta forma, este trabalho também visa conhecer melhor os seres humanos, no nível do seu pensamento, utilizando de dados descritivos, derivados dos registros e anotações individuais registrados pelos licenciandos durante a aplicação do instrumento de pesquisa.

3.1 – ETAPAS DA PESQUISA

A pesquisa desenvolveu-se em uma **única etapa** realizada em três momentos durante uma aula de *Evolução da Física II*. No primeiro momento foi apresentado, de forma sucinta, o projeto de pesquisa sendo formalizada a solicitação de colaboração do licenciando por meio de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (Anexo 1).

O segundo momento consistiu no preenchimento do questionário semiestruturado (Anexo 2), construído a partir das observações obtidas pela evolução histórica do termo “radiação” desenvolvida neste trabalho. É importante ressaltar que neste questionário busca-se observar as diferentes concepções dos licenciandos a respeito de conceitos ligados à luz visível: **onda** eletromagnética na faixa do visível; **calor**, numa visão mecanicista como troca de quantidade de movimento entre partículas; **radiação** como propagação de energia na formas corpuscular e/ou eletromagnética, bem como analisar as possíveis intervenções pedagógicas atribuídas ao ensino e a aprendizagem da FMC.

No terceiro e último momento foi solicitado o preenchimento de uma proposta de trabalho docente referente ao ensino e a aprendizagem de radiação (Anexo 3), baseado nas diferentes concepções de radiação proporcionadas pelas diferentes zonas do perfil conceitual de radiação. A

principal finalidade desta proposta de trabalho docente é a de categorizar as diferentes intervenções pedagógicas dos licenciandos em Física da UFG sobre o termo “radiação” na perspectiva do processo de ensino e da aprendizagem da FMC.

3.1.1 – OS SUJEITOS DA PESQUISA

Os sujeitos da pesquisa são vinte e quatro licenciandos do curso de Física matriculados na disciplina de *Evolução da Física II*, que apesar de ser do oitavo período do curso de licenciatura em Física da UFG, ao não possuir pré-requisito, tem alguns alunos do 6º e 7º período. No intuito de manter o sigilo da identidade dos licenciandos participantes, durante a análise dos dados os identificaremos por: L01, L02, L03, e assim por diante até o L24.

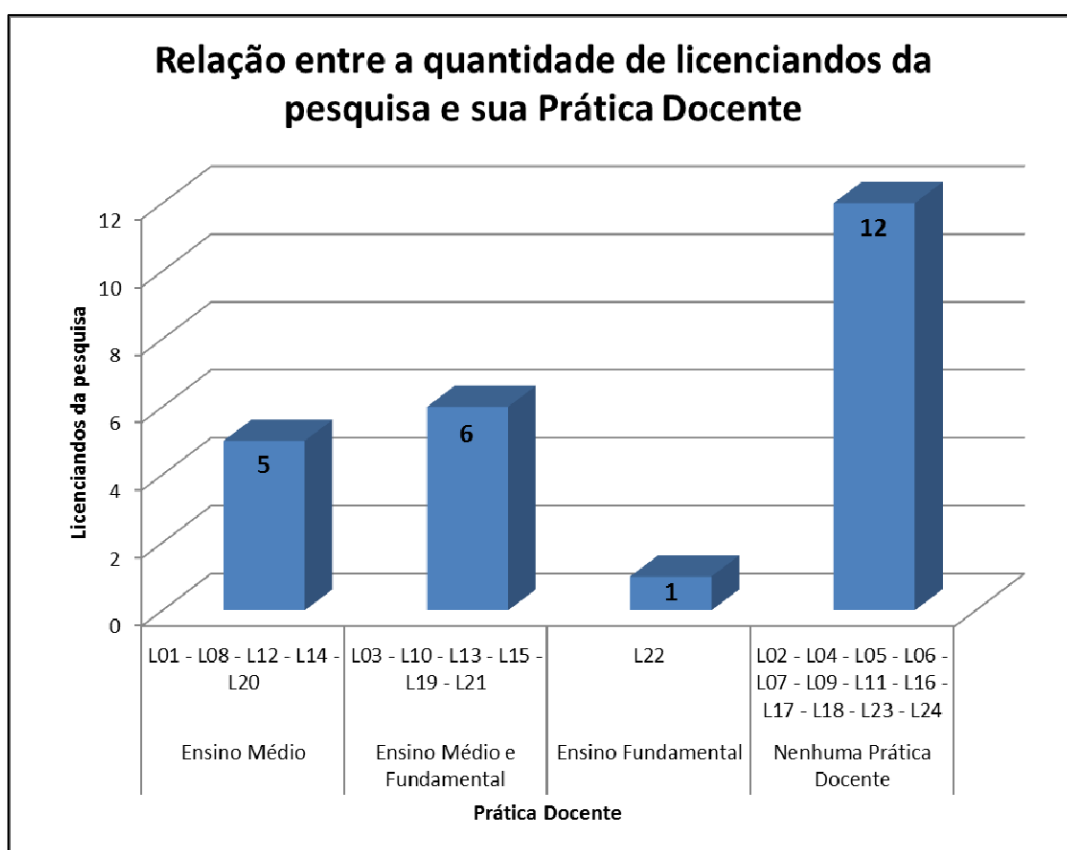


Gráfico 01: Relação entre quantidade de licenciandos da pesquisa e sua prática docente

Em uma primeira análise é observado que entre os licenciandos participantes da pesquisa encontramos sujeitos que atualmente cursam entre o quarto e o décimo semestre do curso de licenciatura em Física da UFG. Mas, de modo geral, com relação à prática docente, constata-se que o universo da pesquisa foi composto por licenciandos que atuam como professores no EM, como professores do EM e do Ensino Fundamental (EF), como professores apenas do EF e por licenciandos que ainda não obtiveram nenhuma prática docente.

No que diz respeito à faixa etária dos licenciandos da pesquisa obtemos uma variação entre 19 (dezenove) e 31 (trinta e um) anos de idade perfazendo uma média de 23 (vinte e três) anos. Porém, entre os licenciandos que possuem alguma experiência docente, encontramos a média de um ano e meio de prática docente no qual é representada individualmente no Gráfico 02.

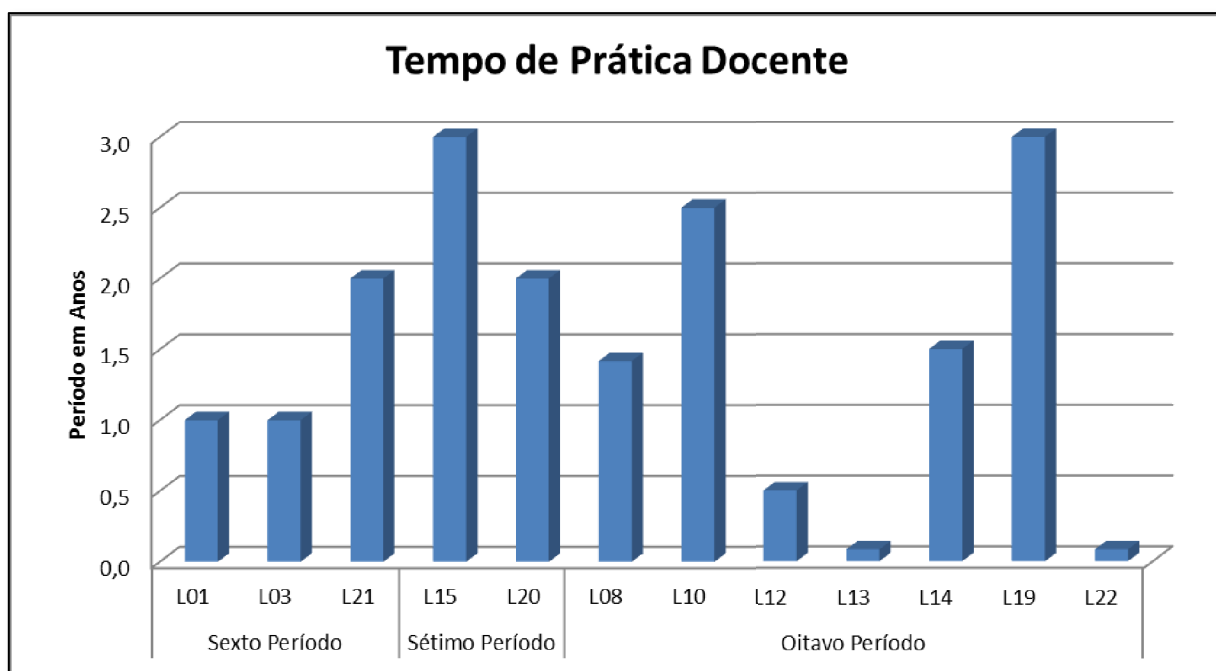


Gráfico 02: Relação entre licenciandos e o tempo individual de prática docente

Ao correlacionar a distribuição de disciplinas ministradas pelos licenciandos com a sua prática docente, apresentada no Gráfico 03, observa-se a tendência atual no ensino de ciências do acúmulo de disciplinas ministradas por professores que geralmente, além da Física, são responsáveis pelas disciplinas de Matemática (EF e EM), Química e Ciências (EF).

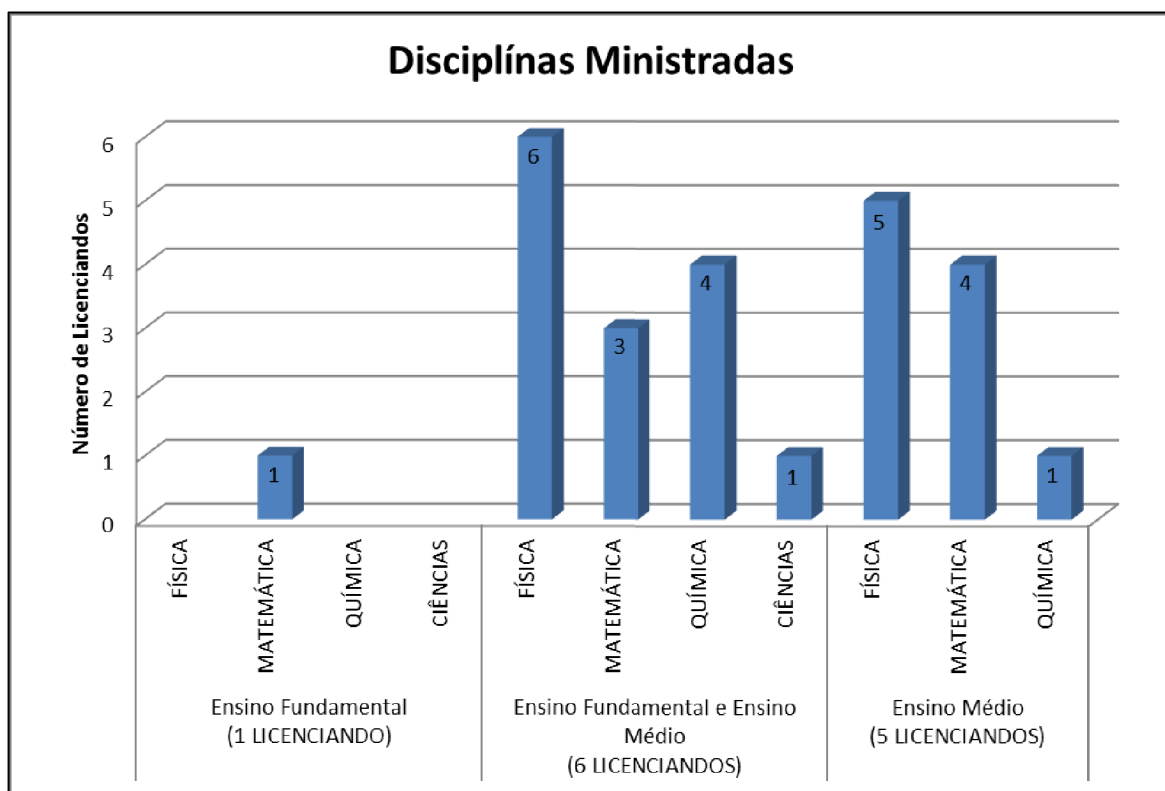


Gráfico 03: Relação entre disciplinas ministradas e a quantidade de licenciandos

Corroborando com a afirmação anterior ao analisar a experiência didática dos licenciandos observa-se que somente **um** licenciando possui experiência apenas em Física número equivalente aos que possui experiência apenas em Matemática. Entre os demais licenciandos, **cinco** possuem experiência conjunta em Física e Matemática, **três** possuem experiência conjunta em Física e Química, **dois** possuem experiência conjunta em Física, Matemática e Química e **doze** não possuem experiência didática alguma.

Deste modo, considerando o Gráfico 01 e levando em consideração os critérios de período de formação e tempo de prática docente, classificamos os licenciandos da pesquisa em dois grupos, apresentados na Tabela 01, que serão essenciais para a análise dos dados da pesquisa.

Tabela 01: Divisão dos Grupos da Pesquisa

GRUPOS DA PESQUISA	TEMPO DE PRÁTICA DOCENTE	LICENCIANDOS DA PESQUISA
GRUPO I LICENCIANDOS ATÉ O SEXTO PERÍODO	NENHUMA PRÁTICA DOCENTE	L02; L16; L17; L23; L24
	PRÁTICA DOCENTE DE ATÉ UM ANO	L01; L03
	PRÁTICA DOCENTE ACIMA DE UM ANO	L21
GRUPO II LICENCIANDOS DO SÉTIMO AO DÉCIMO PERÍODO	NENHUMA PRÁTICA DOCENTE	L04; L05; L06; L07; L09; L11; L18
	PRÁTICA DOCENTE DE ATÉ UM ANO	L12; L13; L22
	PRÁTICA DOCENTE ACIMA DE UM ANO	L08; L10; L14; L15; L19; L20

Fonte: própria

Logo, com o intuito de obter uma visão geral do universo da pesquisa, é apresentada no Gráfico 04, a distribuição percentual dos grupos da pesquisa.

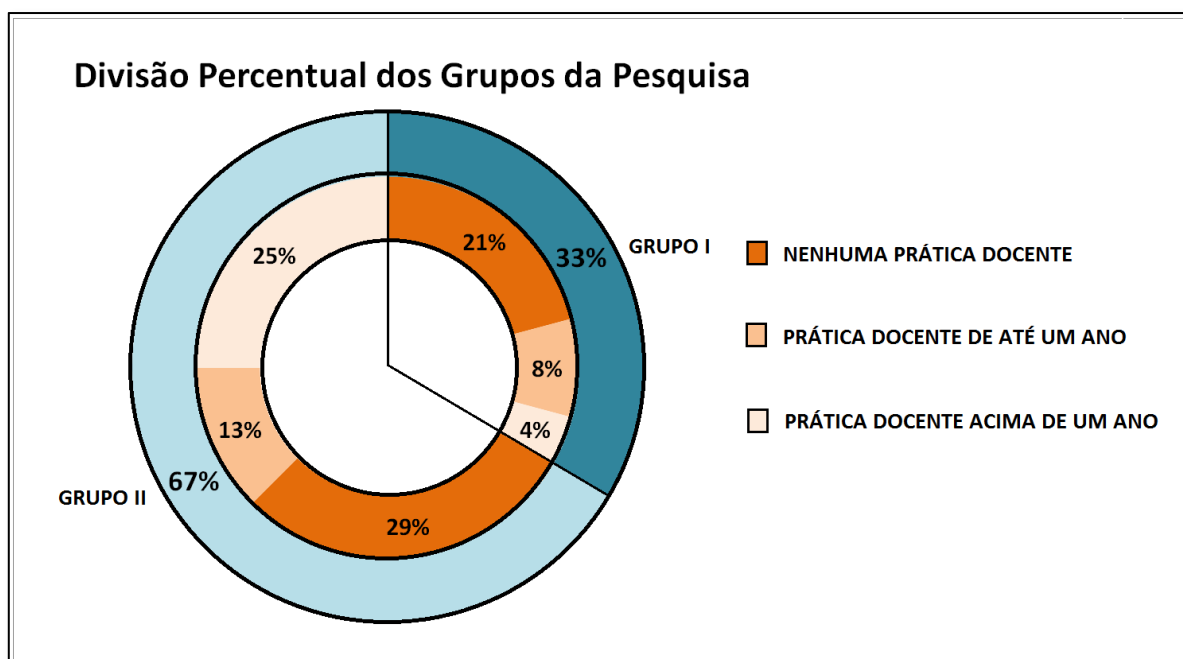


Gráfico 04: Divisão percentual dos grupos da pesquisa.

É importante ressaltar que, durante a análise dos dados da pesquisa, duas características serão relacionadas a cada grupo da pesquisa:

GRUPO I

- Representa os licenciandos que estão em períodos intermediários da licenciatura em Física.
- Concentram, em sua maior parte, os licenciandos que ainda não tiveram nenhuma prática docente.

GRUPO II

- Representa os licenciandos que estão nos dois últimos períodos da licenciatura em Física.

- Concentram, em sua maior parte, os licenciandos que já tiveram alguma prática docente.

A caracterização das análises das respostas dos licenciandos ao questionário aplicado, bem como a apresentação do resultado das análises da proposta de ensino serão apresentadas no próximo tópico deste trabalho.

3.2 – RESULTADOS E ANÁLISE DOS DADOS

A apresentação dos dados e informações desta pesquisa, bem como suas análises está organizada de forma a mostrar como os licenciandos respondem às diferentes concepções que envolvem o termo “radiação”. Além disso, busca classificar as diferentes práticas didáticas adotadas pelos licenciandos no processo de ensino e de aprendizagem de FMC na perspectiva do perfil conceitual de radiação.

3.2.1 – CONCEPÇÃO DOS LICENCIANDOS À RESPEITO DO ENSINO DE RADIAÇÃO.

Neste tópico busca-se observar nos licenciandos as diferentes concepções a respeito do processo de ensino e de aprendizagem do termo “radiação” em sua formação. Deste modo, a partir da análise dos dados da questão oito do questionário, seis itens foram apontados pelos licenciandos como sendo necessários para a formação de um professor capaz de desenvolver um processo de ensino e de aprendizagem de radiação de uma forma mais interessante para o estudante: ter apenas graduação em Física; ter graduação em Física ou em Química; ter em sua graduação realizado a disciplina de Física Moderna; ter em sua graduação realizado disciplinas que envolvam o tema radiação; ter em sua graduação realizado disciplinas que

envolvam a teoria e a prática do tema radiação e ter formação continuada que envolva o tema radiação.

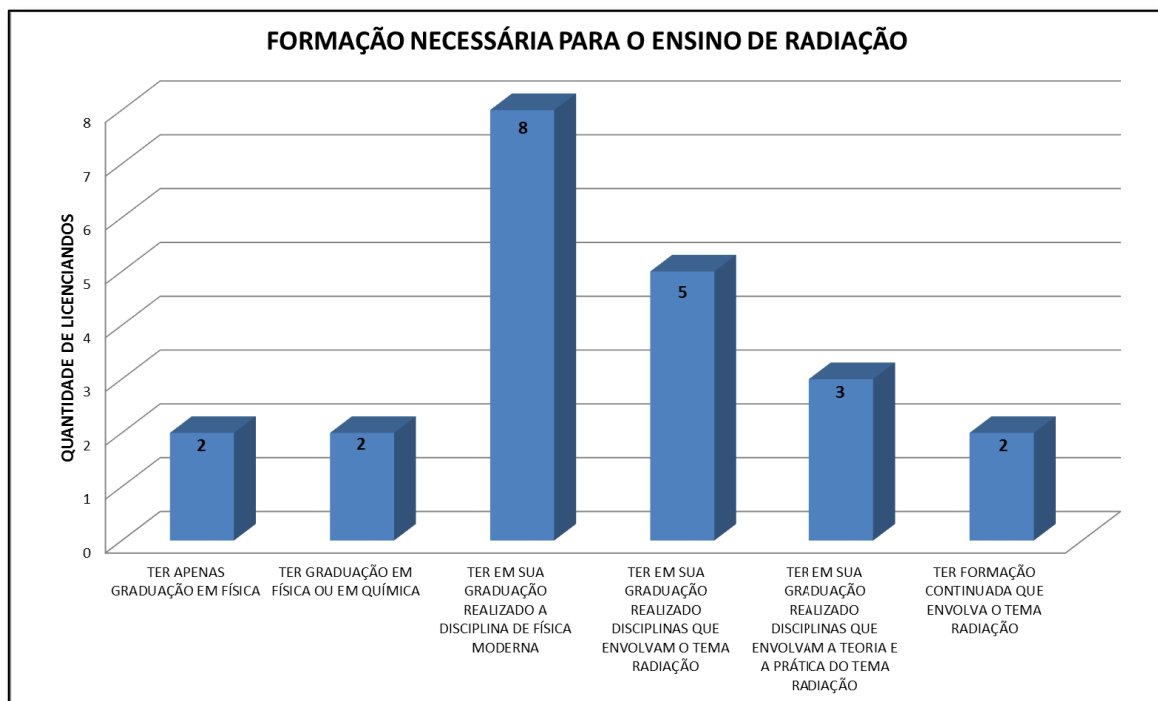


Gráfico 05: Formação necessária para o ensino de radiação de acordo com os licenciandos.

Embora um licenciando (L24) não tenha respondido a questão oito e outro (102) não citou em sua resposta nada que relacione a formação necessária para o ensino de radiação, é notório observar, no Gráfico 05 a predominância da ideia de ter na graduação realizado a disciplina de Física Moderna.

Este fato pode ser explicado pela relação direta do estudo da FMC com o termo “radiação”, porém, esta predominância também pode caracterizar uma tendência dos licenciandos em possuírem uma forte concepção energética quântica caracterizada no perfil conceitual de radiação.

Além de cursar Física Moderna, ele deve ter que cursar prática de ensino para que possa tirar dúvida em relação a postura em sala, além de ler bastante coisas da atualidade da física. (L10)

Outras tendências apontadas pelo Gráfico 05 como a de “Ter na graduação realizado disciplinas que envolvam o tema radiação” ou “Ter realizado disciplinas que envolvam a teoria e a prática do tema radiação”, de certa forma representam um ligeiro desconhecimento do licenciando a respeito de conceitos gerais que envolvam o termo “radiação”.

O professor deve ter conhecimento sobre o assunto, ou seja, ter feito às disciplinas relacionadas ao assunto. Deve ter, também, uma boa didática: quadro, retroprojektor, simulações em computadores. Para facilitar o entendimento do aluno. (L06)

Quanto à formação a parte teórica e pratica laboratorial, conhecimento a utilização de formas ou práticas didáticas (vídeos, experimentos, etc.). (L19)

Através dos resultados obtidos pelo Gráfico 05, é possível observar um certo despreparo do licenciando para o ensino de temas que referem-se ao termo “radiação”, porém, o fato do GRUPO I, como pode ser observado no Gráfico 06, não apresentar nenhuma referencia a ideia de “Ter na graduação realizado disciplinas que envolvam o tema radiação” predispõem a um anseio dos licenciandos de ter em sua formação uma melhor aprendizagem sobre este tema.

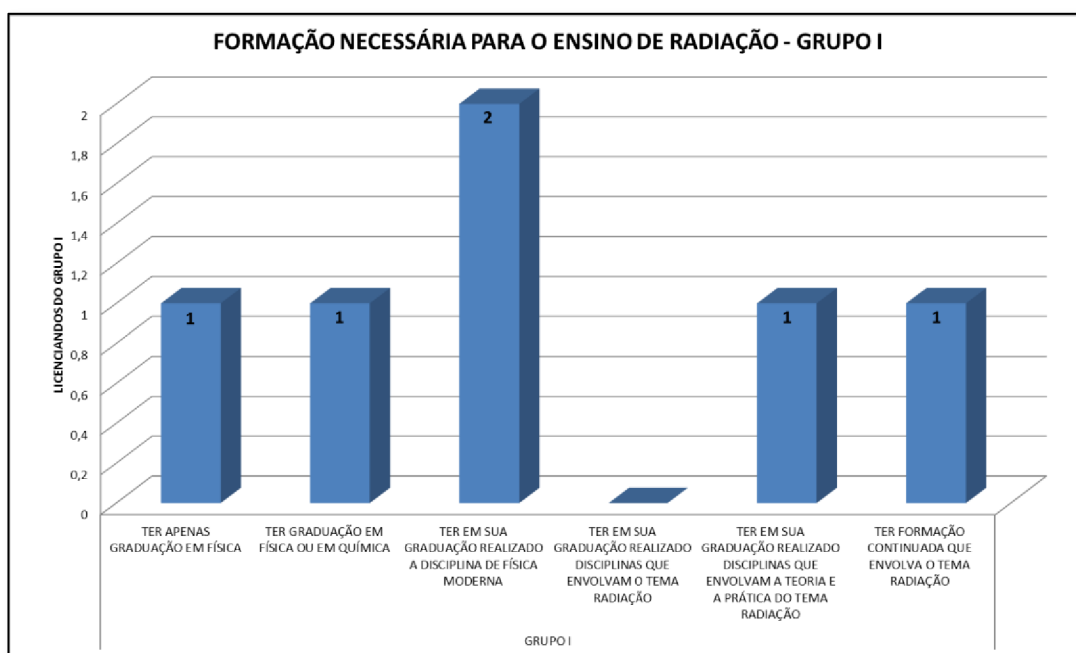


Gráfico 06: Formação necessária para o ensino de radiação de acordo com os licenciandos do GRUPO I.

O mesmo não é observado no GRUPO II (Gráfico 07), neste caso, o licenciando, já em um estágio final de sua licenciatura, acredita ser necessário apenas ter, em sua graduação, as disciplina de FM ou outra que envolva o tema “radiação”.

Deste modo, através dos resultados obtidos pelo Gráfico 07, é possível observar certo desconhecimento dos licenciandos sobre conceitos gerais que envolvam o termo “radiação” sendo relacionado sua aprendizagem apenas a percepção energética quântica da mesma.

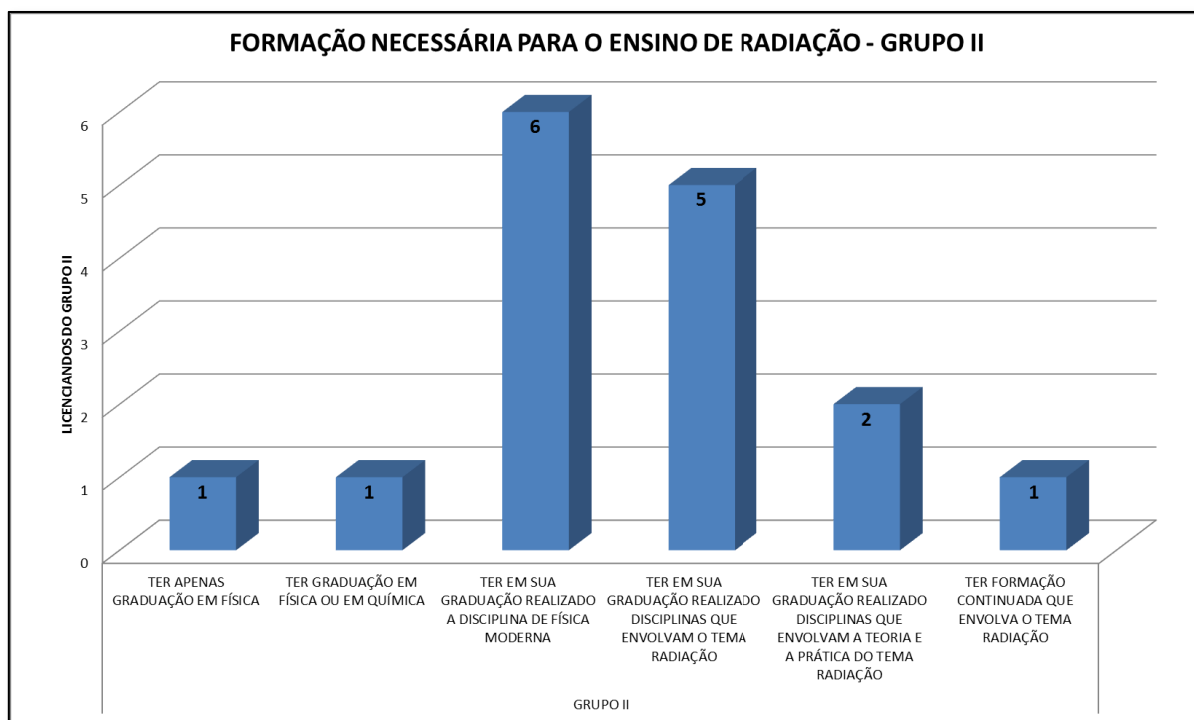


Gráfico 07: Formação necessária para o ensino de radiação de acordo com os licenciandos do GRUPO II.

Correlacionada com a formação necessária, a análise dos dados da questão oito mostrou duas características relacionadas ao processo de ensino e de aprendizagem no qual o professor deve se atentar para que o ensino de radiação seja interessante ao estudante: *a reflexão sobre a prática docente e a relação do tema com o cotidiano.*

Quanto ao conhecimento o professor deve ter o domínio do conteúdo a ser ensinado. Também é necessário fazer uma

conexão com o cotidiano do aluno a fim de despertar o interesse do mesmo. (L13)

Mediante a esta análise observa-se no Gráfico 08, uma igualdade entre os licenciandos que acreditam ser mais interessante ao estudante relacionar o tema radiação com o cotidiano com os licenciandos que acreditam na necessidade do professor refletir sobre sua prática docente para tornar o ensino de radiação mais interessante.

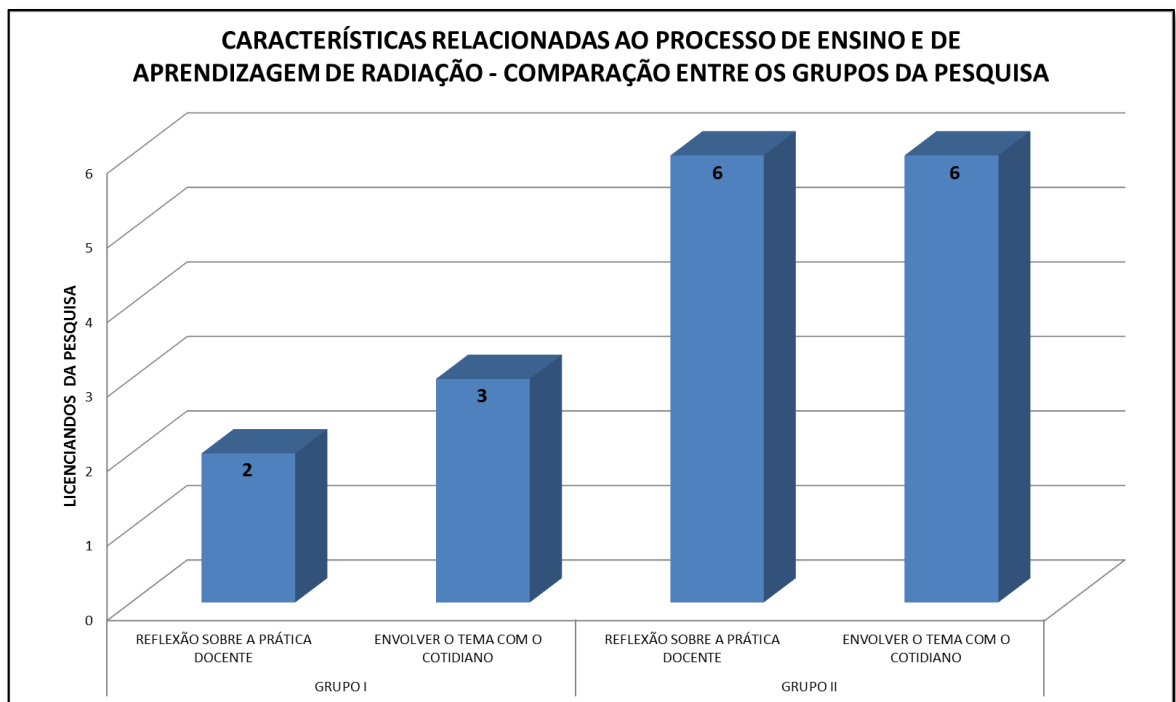


Gráfico 08: Características relacionadas ao processo de ensino e de aprendizagem de radiação atribuídas pelos licenciandos de cada grupo da pesquisa.

Essa equiparação entre os dois grupos da pesquisa mostra uma tendência de discussões estabelecidas em sua formação sobre reflexões da prática docente. Deste modo, é possível ressaltar que o conhecimento do licenciando das categorias do perfil conceitual de radiação lhe ajudará a estabelecer um reflexão sobre sua prática docente além de relacionar os temas com o cotidiano uma vez que o perfil conceitual traz as concepções tanto científicas quanto do senso comum do termo.

3.2.2 – CONCEPÇÃO DOS LICENCIANDOS A RESPEITO DOS TERMOS CALOR, LUZ E RADIAÇÃO.

Com a análise dos dados da questão nove, obtivemos indícios sobre as características do perfil conceitual de radiação nos licenciandos desde a teoria familiar até a teoria energética quântica.

É importante destacar que, embora a teoria familiar envolva uma visão mais relacionada ao senso comum de radiação, nove licenciandos apresentaram vestígios deste comportamento.

Foram obtidos resquícios desde uma concepção sensualista/substancialista, como a apresentada pelo licenciando L03 no qual radiação é “uma onda que transmite luz e calor”, até a concepções materialista e de iluminação apresentadas, respectivamente, pelos licenciandos L19 e L12 que, estabelecem para a radiação, características específicas à teoria familiar como sendo o fenômeno “de propagação de partículas com certas propriedades” ou como sendo os “raios provenientes da luz, que tendo um comportamento de onda eletromagnética se propaga em um meio”.

Mas, apesar da existência de vestígios da teoria familiar do perfil conceitual de radiação, a concepção predominante entre os licenciandos remete-se a teoria energética quântica no qual relaciona-se a ideia de “Ter na graduação realizado a disciplina de Física Moderna” (Gráfico 05) apresentada pelos licenciandos como sendo o principal fator para a formação necessária para o ensino de radiação.

Desta forma, pode-se atribuir a essa relação à caracterização predominante entre os licenciandos para o termo “radiação”, ao assinalarem para este termo a explicação do fenômeno da propagação da energia que possui uma natureza dual.

Uma onda eletromagnética com relação de fase constante no tempo. Com amplitude e comprimento de onda bem definidos e em determinada frequência. Essas ondas eletromagnéticas ou partículas que se propagam com determinada velocidade contendo energia e campos (L05).

Radiação é um fenômeno físico caracterizado pela propagação de energia sob forma de ondas eletromagnéticas e fótons (L13).

A concepção predominante entre os licenciandos é a fisicamente correta, na qual o termo radiação está relacionado ao fenômeno da propagação da energia por meio de partículas ou ondas. No entanto, as concepções sobre a natureza da radiação apresentam-se de forma confusa sendo simplesmente estabelecida por alguns licenciandos como “algo” que, conota a mesma, uma ideia de substância ainda indefinida, como se pode observar nas falas que seguem.

Radiação seria a emissão de "algo" por algum material. (L22)
Radiação pode ser considerada uma propagação de algo em um meio. (L01)

Levando em consideração a frequência com que foram encontradas nas respostas dos licenciandos das características que definem as teorias do perfil conceitual de radiação é apresentado no Gráfico 09 o comportamento do perfil conceitual dos licenciandos.

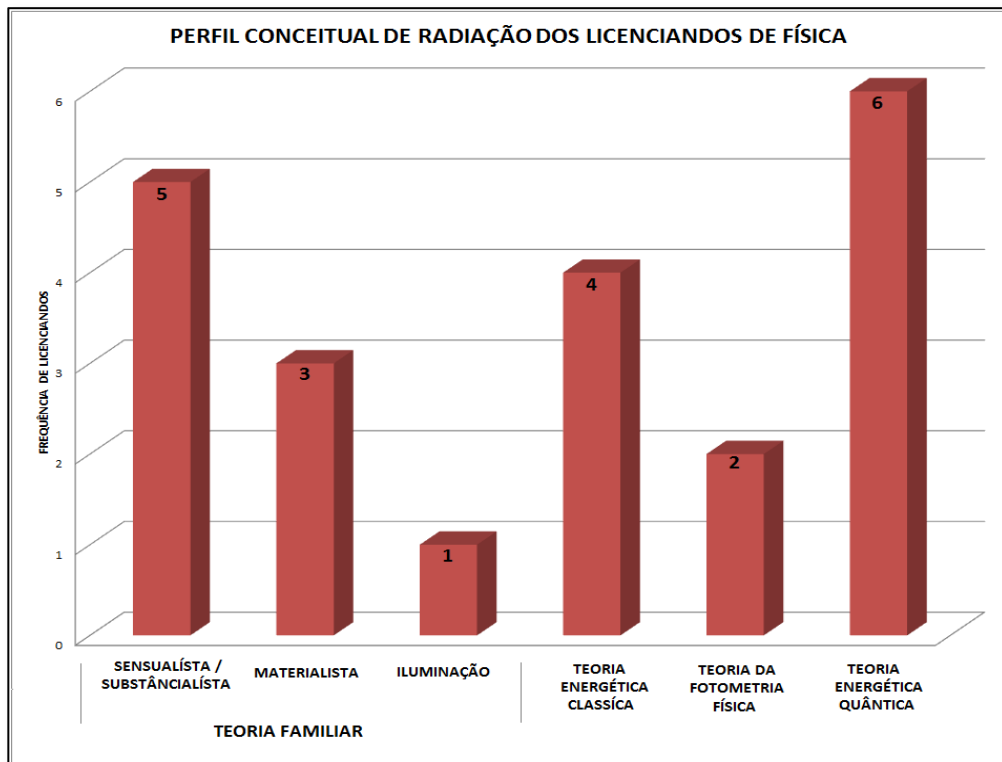


Gráfico 09: Perfil conceitual de radiação dos licenciandos de Física.

É importante deixar claro que o perfil apresentado refere-se apenas à frequência de concepções apresentadas individualmente pelos licenciandos em suas respostas, portanto, representa apenas um perfil conceitual geral.

Porém, ao relacionar o comportamento do perfil conceitual entre os dois grupos da pesquisa a teoria energética quântica é apresentada apenas para os licenciandos do Grupo II da pesquisa (Gráfico 10).

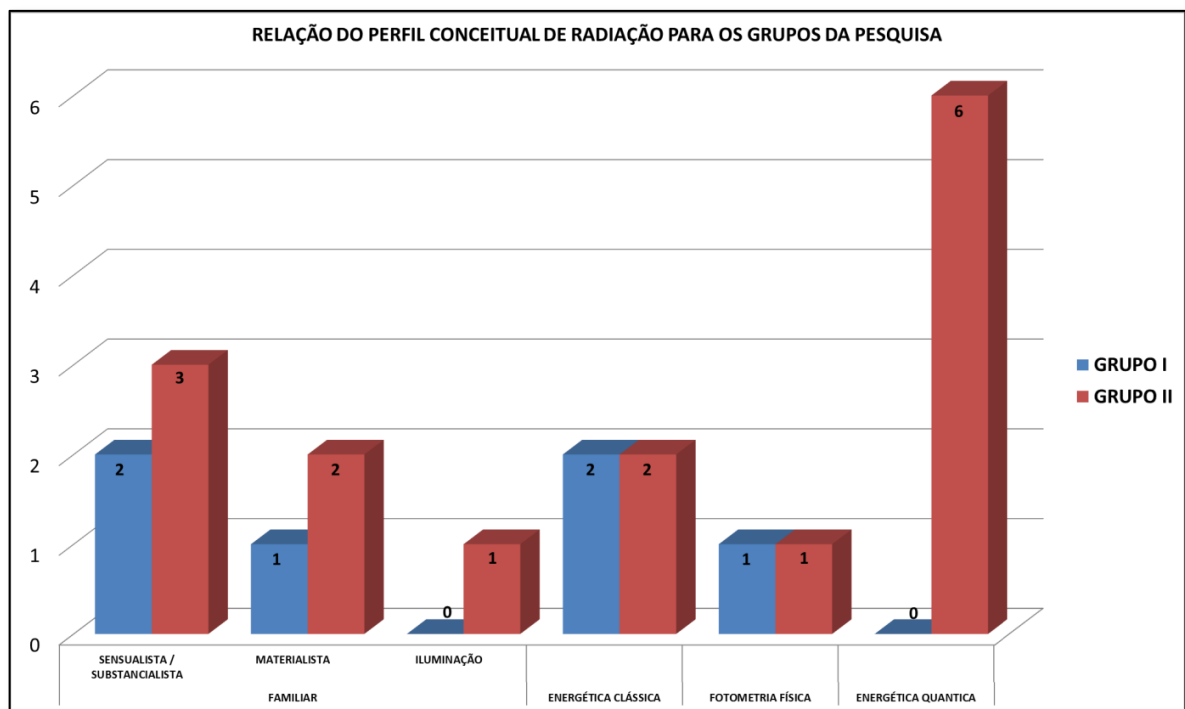


Gráfico 10: Relação do perfil conceitual de radiação para os grupos da pesquisa.

De modo geral, os dados referentes ao perfil conceitual dos licenciandos mostram noções incompletas dos mesmos sobre a definição científica de radiação para os licenciandos do GRUPO I. Sendo assim, os licenciandos no início de sua formação, não são levados a prática de um processo de ensino e de aprendizagem voltada para uma concepção histórica e evolutiva do conceito de radiação indicando uma atual aprendizagem separada dos conceitos que envolvem o termo “radiação”.

Ao observar a concepção de senso comum dos licenciandos a respeito do termo radiação, as questões dez e onze do questionário buscaram relacionar a idéia deles sobre os fenômenos do calor e da luz com as suas

próprias concepções sobre o que acreditam sobre o calor e a luz. Pode-se observar que na questão dez todas as respostas afirmam existir uma relação entre o calor e a luz relacionando-os como sendo uma radiação, porém, a forma apresentada pelos licenciandos da relação entre o calor e a luz apresentou sete características distintas de relação como pode ser observado no Gráfico 11.

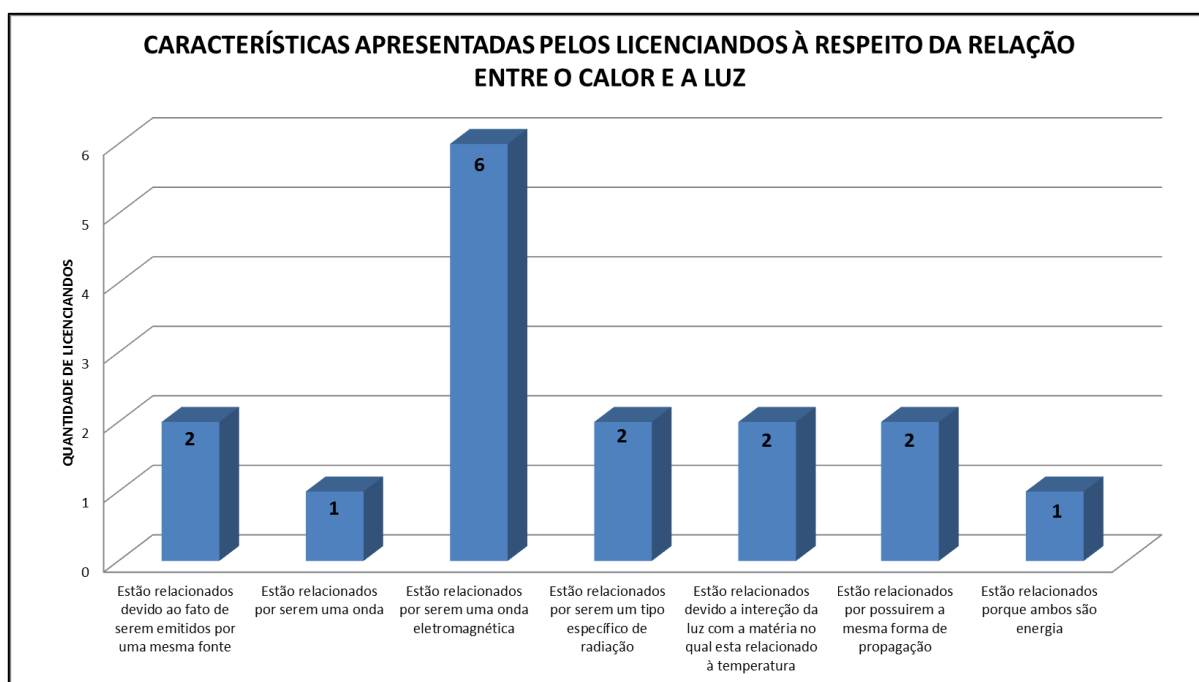


Gráfico 11: Características apresentadas pelos licenciandos à respeito da relação entre o calor e a luz.

As características apontadas no Gráfico 11, definidas pela análise das respostas à questão dez do questionário, têm em sua maior parte uma concepção da Fotometria Física do perfil de radiação, uma vez que os licenciandos atribuem a relação entre o calor e a luz exclusivamente pelo fato de serem uma onda eletromagnética.

Sim. A luz pode ser dita uma radiação eletromagnética e o calor também uma radiação, sendo considerada térmica, mas também pode ser relacionada a uma radiação eletromagnética em uma faixa não visível. (L22)

Além da relação predominante apontada, os licenciandos também apresentaram outras características de relação coerentes com outras categorias

do perfil conceitual de radiação ao atribuírem ao calor e a luz relações como: serem emitidos pela mesma fonte, se caracterizarem como uma onda não necessariamente eletromagnética, serem um tipo específico de radiação, a interação da luz com a matéria estar relacionado à temperatura, possuírem a mesma forma de propagação ou simplesmente por ambas serem energia.

Porém, a comparação dos resultados das características à respeito da relação entre o calor e luz com o perfil conceitual de radiação apresentado pelos licenciandos (Gráfico 09), observa-se a concordância entre a relação do calor e luz, apresentada pelos licenciandos, com a característica dos licenciandos possuírem, em sua grande parte, uma concepção do conceito de radiação que vai da energética clássica à energética quântica do perfil conceitual de radiação que, de certa forma, apresenta os fenômenos do calor e da luz relacionados com uma natureza eletromagnética.

Embora a relação entre calor, luz e radiação apresentada pelos licenciandos consiga expor uma concepção científica, os mesmos apontam como sendo concepções iniciais dos estudantes³⁴ sobre calor e luz uma distinção entre os dois fenômenos. No Gráfico 12 apresentamos as três principais ideias apontadas pelos licenciandos a respeito das concepções iniciais dos estudantes sobre calor e luz.

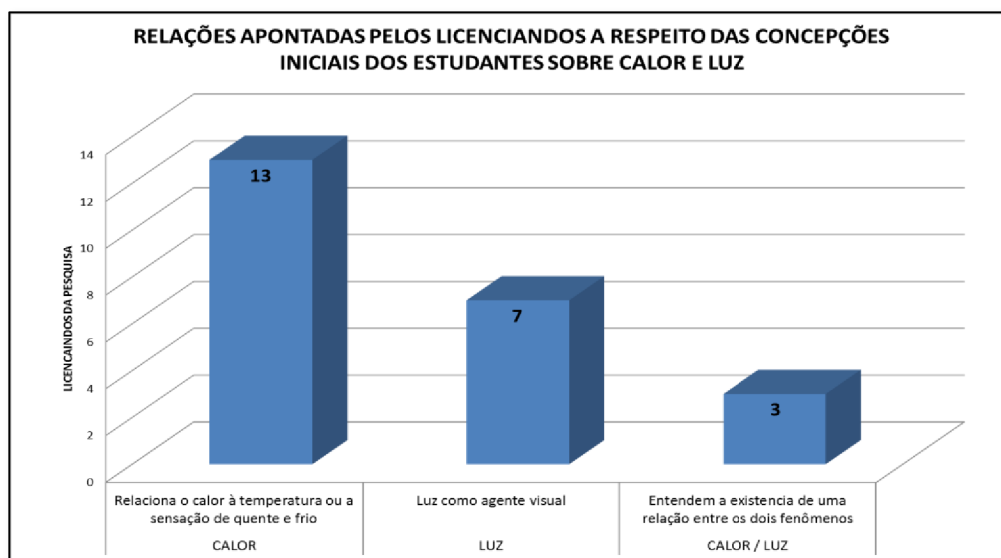


Gráfico 12: Relações apontadas pelos licenciandos à respeito das concepções iniciais dos estudantes sobre calor e luz.

³⁴ Neste caso atribuímos ao termo estudante os futuros alunos dos licenciandos.

Apesar de que mais da metade dos licenciandos, treze no total, apontarem que os estudantes relacionam o calor apenas à sensação térmica de quente e frio ou simplesmente à temperatura e, sete licenciandos acreditarem que os estudantes relacionam a luz apenas como sendo o agente responsável pela visão que são ideias coerentes as apontada por Zaiane como predominantes no perfil conceitual de radiação dos estudantes, três licenciandos acreditam que os estudantes, de alguma forma, entendem a existência de uma relação entre os dois fenômenos.

Eles entendem que um está ligado ao outro mas não sabem como e não compreendem o fenômeno em si, mas tem um entendimento prévio sobre o assunto. (L01)

Desta forma, podemos de um modo geral observar que a relação das ideias iniciais dos estudantes sobre calor e luz, apontadas pelos licenciandos, estão de acordo com a teoria familiar do perfil conceitual de radiação.

Para eles, primeiramente ambas são distintas, na minha experiência de sala de aula, nunca vi um aluno tocar no assunto, pois calor é quente e luz clareia as coisas. (L15)

Assim, conclui-se que o conhecimento dos licenciandos sobre as dificuldades conceituais relacionadas ao termo radiação, apresentadas pelos estudantes, são previamente entendidas durante a sua formação.

3.2.3 – CONCEPÇÃO DOS LICENCIANDOS SOBRE AS INTERVENÇÕES PEDAGÓGICAS À CERCA DO PERFIL CONCEITUAL DE RADIAÇÃO.

O objetivo principal deste trabalho é o de identificar nos licenciandos as diferentes praticas/propostas de intervenção pedagógica para o ensino de radiação a cerca do perfil conceitual de radiação proposto por Zaiane. Neste sentido, buscam-se as respostas atribuídas pelos licenciados nas questões doze e treze do questionário proposto as diferentes propostas de trabalho docente levando em consideração as teorias do perfil conceitual de radiação.

Seis diferentes estratégias de ensino e de aprendizagem para relacionar os fenômenos do calor e da luz com a quantização da energia presente na FMC foram observadas na análise da questão doze do questionário.

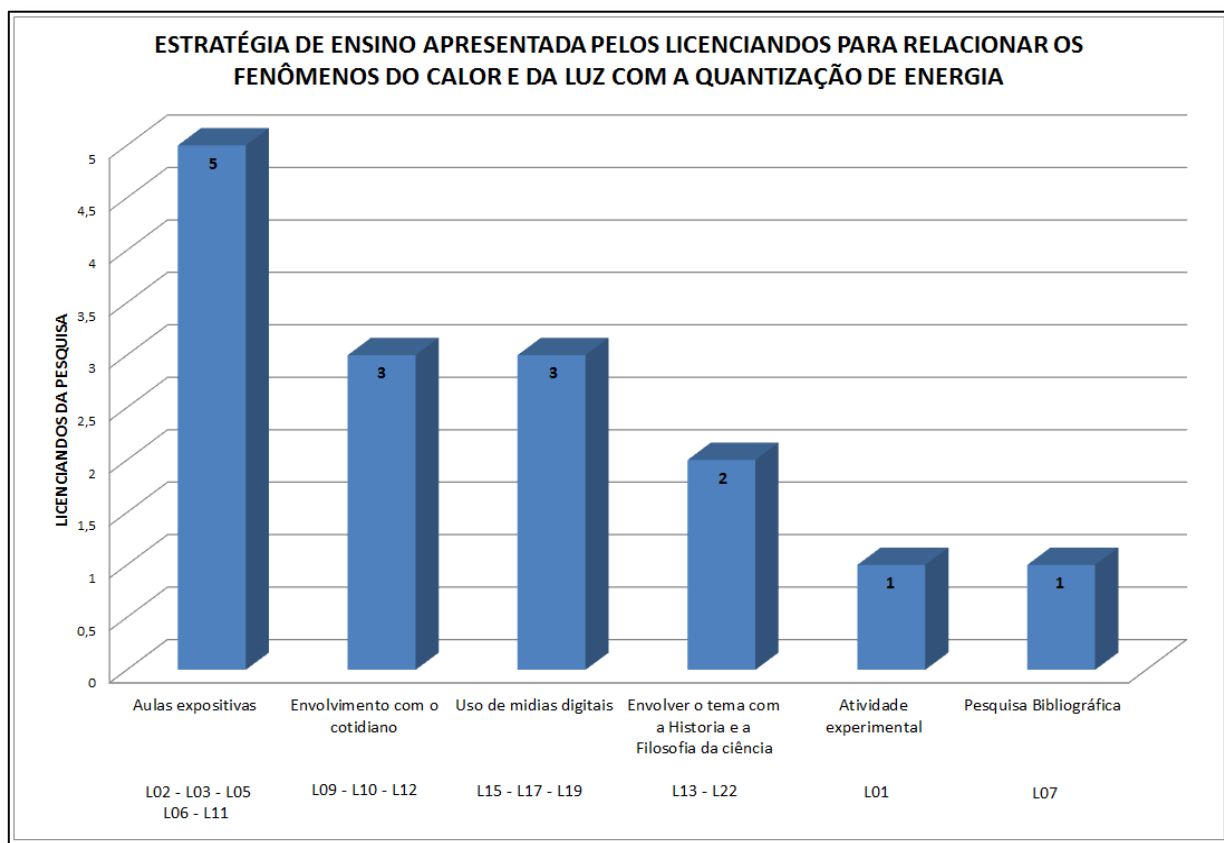


Gráfico 13: Estratégia de ensino apresentada pelos licenciandos para relacionar os fenômenos do calor e da luz com a quantização de energia.

Das quinze respostas válidas, cinco utilizariam aulas expositivas como estratégia de ensino de FMC. Porém, alguns licenciandos relacionaram o uso de aulas expositivas com outros mecanismos didáticos como: trabalhos em grupo, uso do laboratório e utilização de simuladores e aplets.

Utilizaria aulas expositivas e o auxílio de animações, editor de textos, etc. (L05).

Através de aulas expositivas; trabalhos em grupo e se possível utilizar o laboratório (se na escola tiver um) para fazer alguns experimentos e utilização de programas de computadores (simuladores, aplets, ...). (L06)

Entre os demais licenciandos, cinco relacionaram para a melhor prática de ensino de FMC à caracterizada por relacioná-la com o cotidiano ou

envolver o tema com a história e a filosofia da ciência. Neste caso, todos relacionaram a quantização da energia à evolução dos conceitos de calor e luz.

O que poderia ser utilizado poderia ser uma conceituação histórica, discutindo como as ideias caminharam no decorrer do tempo. Através disto, abrir caminho para a análise da luz e do calor diante as teorias da Física Moderna. (L22)

Relacionaria esses fenômenos com o idealizado corpo negro e espelho ideal, mencionando a questão das cores (mistura delas), falaria do Sol e do efeito estufa, não trabalhando as ideias quantitativas desses fenômenos, apenas aspectos qualitativos. (L10)

O restante dos licenciandos acredita que o uso de mídias digitais, a atividade experimental ou a pesquisa bibliográfica proporcionariam uma melhor abordagem a respeito do ensino de FMC.

Com certeza a parte de vídeos didáticos, pois o conteúdo teria uma explicação melhor. Fora os experimentos cabíveis. (L19)
Experimentos envolvendo a termodinâmica, como a variação da temperatura da água exposta ao fogo, o funcionamento de uma lâmpada, etc. (L01)

Eu, tendo em vista a falta de uma concepção consolidada a este respeito, usaria uma perspectiva de ensino por pesquisa, que além de aumentar o interesse dos estudantes, geraria discussões e relações entre os conceitos no mínimo interessantes. (L07)

Deste modo, observa-se que embora exista uma forte presença da concepção de uma prática didática voltada para aulas expositivas (Gráfico 13), existe entre os licenciandos uma preocupação em inserir novas práticas/propostas (Gráfico 08) para o ensino de FMC embora os mesmos ainda não saibam como executa-las.

Essa tendência é verificada na análise do Gráfico 14, onde é apresentado a relação entre a frequência de uso de diferentes práticas utilizadas pelos licenciandos para o ensino e a aprendizagem de FMC.

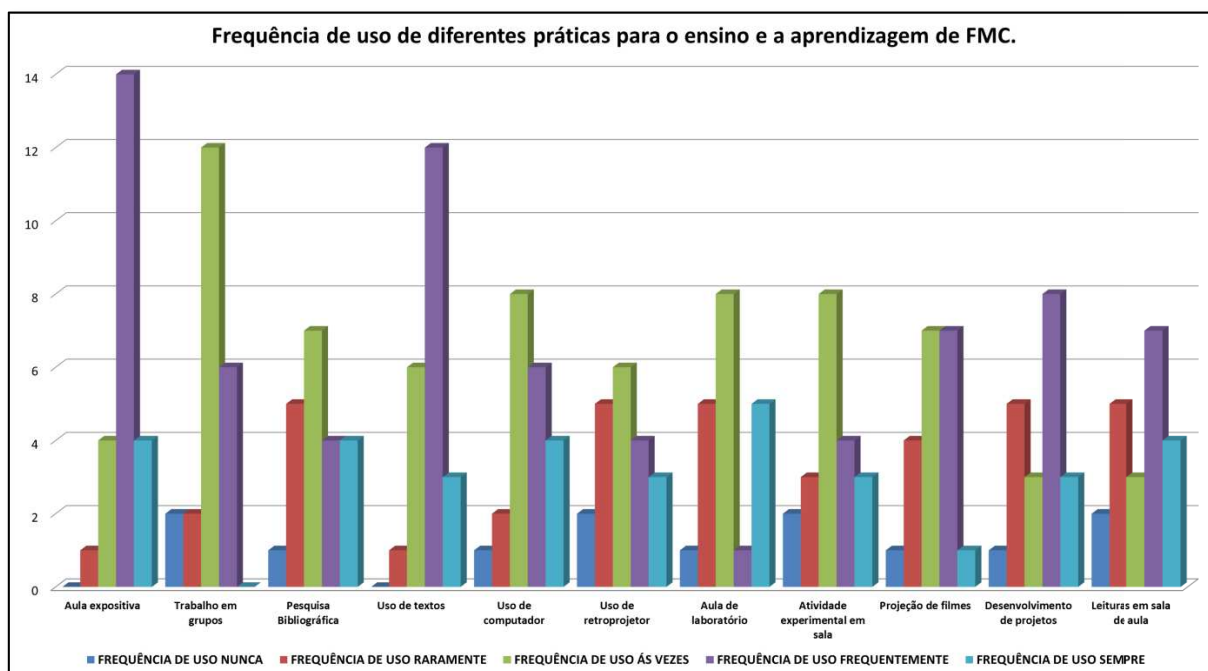


Gráfico 14: Frequência de uso de diferentes práticas para o ensino e a aprendizagem de FMC de acordo com os licenciandos.

Mas, ao buscar especificar as diferentes práticas para o ensino e aprendizagem de FMC com as diferentes concepções do perfil conceitual de radiação observou-se, através da análise das respostas da proposta de trabalho docente para o conceito de radiação, a mesma tendência apresentada para o ensino de FMC do uso da prática de aula expositiva.

Embora o uso de aula expositiva seja a proposta mais apontada entre os licenciandos para o ensino das diferentes teorias do perfil conceitual de radiação é observado, em todas as teorias do perfil conceitual de radiação, a utilização de metodologias baseadas no uso do computador e na projeção de filmes.

Com a finalidade de demonstrar os diferentes procedimentos metodológicos atribuídos a cada uma das teorias do perfil conceitual de radiação, apresentamos no Gráfico 15 a frequência de uso das diferentes metodologias, apontadas pelos licenciandos, para o ensino e aprendizagem de radiação de acordo com o perfil conceitual de radiação.

Procedimentos metodológicos atribuídos às teorias do perfil conceitual de radiação

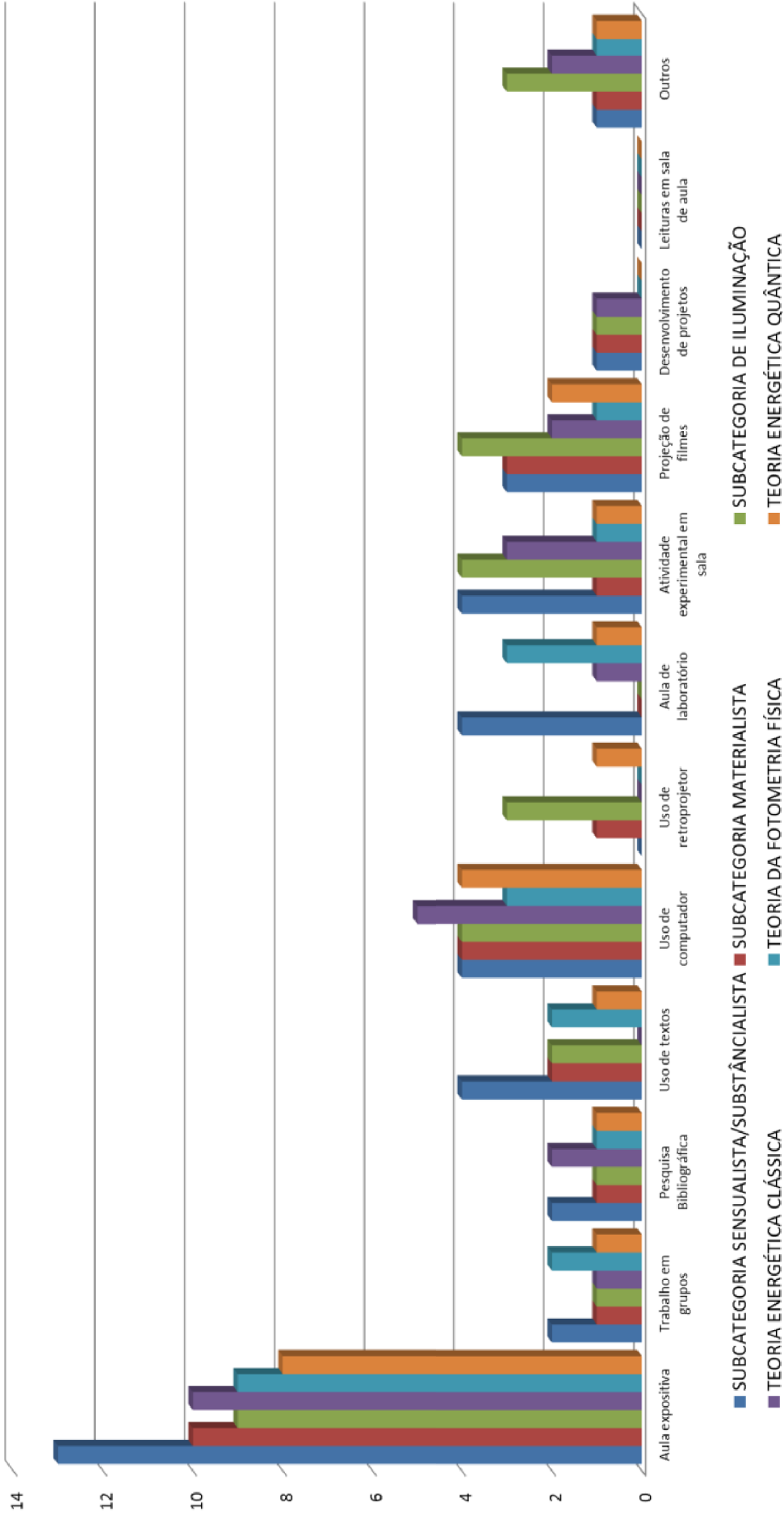


Gráfico 15: procedimentos metodológicos atribuídos às teorias do perfil conceitual de radiação.

A presença de outras metodologias foi citada para todas as teorias do perfil conceitual de radiação. Entre as apresentadas destacam-se: **a relação das diferentes teorias com o contexto histórico, o envolvimento do tema central da teoria com o cotidiano e a visita a museus de ciências.**

Introdução da aula com uma evolução histórica do conceito de calor, desde a época dos gregos à teoria atualmente aceita. Experimentos que instiguem a discussão dos alunos e a exposição da teoria. (L13)

Através de instrumentos do cotidiano pode-se levar os alunos a discussão do assunto. (L22)

Aula expositiva, uso do computador, uso do retroprojektor, visita a museus de ciência. (L03)

Como síntese deste tópico, podemos dizer que, o processo de ensino e de aprendizagem de radiação é visto pelos licenciandos como apenas mais um conteúdo a ser ensinado no qual o uso de novas metodologias se caracteriza apenas como um componente extra à tradicional aula expositiva.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

“Como educadores sérios, temos que entender que as transformações muitas vezes trazem consigo dor e ansiedade, com as quais temos que lidar. Empreender a função de educador tem a responsabilidade de transformar a sociedade, como uma meta audaciosa que precisa ser cumprida pelos objetivos de melhoria na qualidade de vida”.
(Juan)

De modo geral, o atual ensino de Física ainda prioriza apenas o produto final da ciência dando à mesma uma concepção ingênua, sem considerar que esta sofre interferências históricas e culturais. De fato há uma grande deficiência de metodologias de ensino que concordem com essa articulação entre a história e a filosofia científica, porém, neste trabalho procurou-se demonstrar um caminho a ser seguido para uma futura implementação metodológica na formação de professores de Física.

Tendo como base, as concepções do perfil epistemológico de Bachelard e do perfil conceitual de Mortimer pode-se construir uma visão particular para os processos de ensino e de aprendizagem da Física que articulem estas ideias. Nesse sentido, a escolha do referencial bachelardiano e a concepção ontológica do perfil conceitual de Mortimer justifica-se por suas expressivas contribuições na epistemologia contemporânea.

As categorias conceituais de radiação, estabelecidas no trabalho de Zaiane, permitem compreender a coexistência desde o senso comum atribuído ao termo “radiação” até as diferentes concepções atribuídas aos conceitos científicos que envolvem a radiação. Ao apresentar a evolução histórica do conceito de radiação é possível observar a interação/conexão entre a FC e a FMC. Isto faz deste fenômeno um possível facilitador para o objetivo deste trabalho, tendo em vista que a noção de radiação está amplamente relacionada aos fenômenos do cotidiano, o que, de certa forma, reforça as concepções alternativas trazidas pelos estudantes.

A partir da análise do perfil conceitual de radiação dos sujeitos da pesquisa, licenciandos em Física da UFG, é possível observar diferentes concepções a respeito dos processos de ensino e de aprendizagem do conceito de radiação. Destaca-se o fato que estes têm consciência da interação entre os conceitos que envolvem a radiação e a FMC. Entendem como necessário para sua formação a necessidade de realizar durante a graduação a disciplina de Física Moderna, e mesmo que não tenham conhecimento de conceitos gerais que envolvam a radiação, afirmam que o termo está relacionado aos diferentes fenômenos apresentados na FMC.

Ao mesmo tempo, ao refletirem sobre sua formação, é possível identificar a presença de uma preocupação a respeito de como ensinar, de uma forma mais interessante, o conceito de radiação. Ao refletirem sobre sua futura prática docente os licenciandos entendem que apenas a graduação não é suficiente para uma prática de ensino que seja significativa e interessante para o estudante. Para atender esta questão, os licenciandos acreditam que para além da necessária reflexão sobre a prática didática, é fundamental a relação dos conceitos que envolvem a radiação com o cotidiano do estudante.

Estas duas vertentes apontam para a atual linha de discussões sobre a prática docente que está orientando o curso de graduação dos licenciandos. Mas, é necessário observar que isso é apresentado apenas como discurso durante sua formação, não conseguindo conectá-lo com a prática. Nesse sentido pode-se ler na fala que,

Apesar de não dominar o assunto, penso que uma formação pode ser pautada em uma literatura razoável que abrange tanto os conhecimentos físicos quanto aqueles voltados para a formação de professores. Com base na forma como os alunos tratam a disciplina (falta de interesse, por exemplo) é natural esperar que o curso forneça as ferramentas necessárias, principalmente aquelas que possam desenvolver o raciocínio a prática docente. Ex. formação de professores reflexivos, estudos voltados para o estabelecimento da comunicação em professor e alunos, entre outros. Espera-se, também, uma formação concisa no que tange os conhecimentos físicos necessários para trabalhar o conteúdo. (L21)

Na busca de identificar nos licenciandos as características do perfil conceitual de radiação bem como suas concepções a respeito dos fenômenos

do calor e da luz, foi observado que estes possuem a concepção fisicamente correta do termo, relacionando-o ao fenômeno da propagação da energia por meio de partículas ou ondas. No entanto, quando tentam dar explicações sobre a natureza da radiação apresentam definições confusas chegando ao ponto de ser entendida como “algo”, e inclusive dando à mesma, uma ideia de substância ainda indefinida.

Porém, a concepção predominante entre os licenciandos à respeito do perfil conceitual de radiação é o da teoria energética quântica embora existam vestígios de concepções do senso comum, presentes na teoria familiar. Destaca-se deste resultado o fato de que se estabelece na representação da atual licenciatura em Física, a busca prerrogativamente do ensino do conhecimento científico, “puramente” físico, não sendo relacionado, de maneira adequada, ao conhecimento do senso comum. E, esta é talvez a principal tarefa de um professor: transformar o conhecimento científico em conhecimento de “senso comum”. Senso comum entendido numa perspectiva de significância social e possibilidade de ser aplicado no cotidiano.

Essa tendência do ensino do conhecimento científico na licenciatura é confirmada na relação entre luz e calor apresentada pelos licenciandos, no qual atribuem a ligação entre os dois fenômenos o fato de “serem uma onda eletromagnética”. Porém, é demonstrada a existência do senso comum entre os licenciandos ao conceberem para os estudantes uma relação entre calor e luz distinta.

O calor é apenas relacionado ao clima quente. Se estiver frio, então não está fazendo calor. E a luz é apenas o que ilumina o que eles enxergam. (L14)

A identificação das propostas de práticas para a intervenção pedagógica dos licenciandos, no sentido de relacionar os fenômenos do calor e da luz com a quantização da energia, apresentou seis diferentes estratégias de ensino no qual quatro delas se destacaram: aulas expositivas, envolvimento com o cotidiano, uso de mídias digitais e envolvimento com a história e a filosofia da ciência. Neste aspecto, embora a maioria dos licenciandos tenha apresentado as aulas expositivas como a proposta predominante, existe neles

uma preocupação social, histórica e cultural do conceito. Isto coincide com o discurso dos professores formadores.

Essa mesma preocupação é apontada ao identificar, nos licenciandos, as diferentes propostas de intervenção pedagógicas a cerca do perfil conceitual de radiação proposto por Zaiane. Neste caso específico, temos para cada uma das teorias do perfil conceitual basicamente as mesmas prioridades de práticas/propostas de intervenção pedagógicas. Não existe, para os licenciandos, diferenças didáticas ao trabalharem o ensino da física clássica ou a FMC. De forma sucinta a tabela a seguir mostra a possível aplicação pedagógica dos licenciandos pesquisados tendo em vista as diferentes teorias do perfil conceitual de radiação apresentadas.

Tabela 02: Frequência de utilização das práticas/propostas pedagógicas para as diferentes teorias do perfil conceitual de radiação.

PRÁTICAS/PROPOSTAS PEDAGÓGICAS	TEORIAS DO PERFIL CONCEITUAL DE RADIAÇÃO					
	TEORIA FAMILIAR			TEORIA ENERGÉTICA CLÁSSICA	TEORIA DA FOTOMETRIA FÍSICA	TEORIA ENERGÉTICA QUÂNTICA
	SUBCATEGORIA SENSUALISTA / SUBSTÂNCIALISTA	SUBCATEGORIA MATERIALISTA	SUBCATEGORIA DE ILUMINAÇÃO			
Aula expositiva	13	10	9	10	9	8
Trabalho em grupos	2	1	1	1	2	1
Pesquisa Bibliográfica	2	1	1	2	1	1
Uso de textos	4	2	2	0	2	1
Uso de computador	4	4	4	5	3	4
Uso de retroprojektor	0	1	3	0	0	1
Aula de laboratório	4	0	0	1	3	1
Atividade experimental em sala	4	1	4	3	1	1
Projeção de filmes	3	3	4	2	1	2
Desenvolvimento de projetos	1	1	1	1	0	0
Leituras em sala de aula	0	0	0	0	0	0
Outras	1	1	3	2	1	1

Fonte: própria

Enfim, buscamos mostrar com este trabalho a necessidade de proporcionar nas licenciaturas em Física a inserção de uma visão social, histórica e cultural dos conceitos físicos. Isto deve acontecer tanto em suas concepções científicas quanto em suas relações com o senso comum, haja vista que embora estes fatores sejam apontados como responsáveis para uma melhor qualidade do ensino de Física, pelos resultados obtidos com estes futuros professores, os mesmos não são trabalhados na sua formação.

Apontamos para uma mudança na formação inicial do futuro professor de Física no sentido de proporcionar uma melhor e maior relação entre as teorias científica e a prática do licenciando a respeito das diferentes metodologias que o mesmo irá utilizar em sua futura profissão.

Por fim, esperamos que esta pesquisa propicie uma reflexão sobre a atual licenciatura em Física além de contribuir para o processo de construção de novas práticas/propostas metodológicas para o ensino de FMC no EM.

REFERÊNCIAS

AMARAL, E. M. R. do; MORTIMER, E. F. Uma Proposta de Perfil Conceitual para o Conceito de Calor. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, v. 1, n. 3, pp. 5-18, Bauru, SP : ABRAPEC, 2001.

_____. Bringing together the epistemological and discursive aspects of classroom interactions in chemistry lessons on spontaneity. In: 4th ESERA Conference, Noordwijkerhout, The Netherlands, 2003.

ANDRADE, B. L.; ZYLBERSZTAIN, A. & Nadir, F. As Analogias e Metáforas no Ensino de Ciências à Luz da Epistemologia de Gaston Bachelard. *ENSAIO – Pesquisa em Educação em Ciências* Volume 0 2 / Número 2 – Dezembro 2002.

AIKENHEAD, G. S., RYAN, A. G.. Students' preconceptions about the epistemology of science. *Science Education*, 76 (6), 559 – 580, 1992.

ARONS, A. B. A guide to introductory physics teaching. New York: John Wiley, 1990.

BASSALO, J. M. F., *Os 90 anos da hipotese quântica de Planck*. CONSEP – 0979/83 – textos de Física, Belém - PA, Agosto de 1990. Disponível em: <http://www.searadaciencia.ufc.br/folclore/folclore236.htm>, acesso em: 03/12/2010.

BACHELARD, G. *A Formação do Espírito Científico*. Trad. Estela dos Santos Abreu. Rio de Janeiro: Contraponto, 1.ed., Orig. de 1938, 1996.

_____. *A Filosofia do Não*. São Paulo: Editora Presença. Orig. de 1934, 2009.

_____. *La Actividad Racionalista de la Física Contemporánea*. Buenos Aires: Editorial. Siglo Veinte, 269p., 1975.

_____. *A psicanálise do fogo*. Lisboa: Litoral, 1989.

BERGER, P.L. & LUCKMANN (1967). *The Social Construction of Reality: A Treatise in the Sociology of Knowledge*. London: Allen Lane.

BEN-DOV, Y. *Convite à física*. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 152p, 1996

BOGDAN, R.; BIKLEN, S. *Investigação qualitativa em educação*. Porto: Porto Editora, 1994.

BRASIL - Lei n. 9.394, de 20 de dezembro de 1996. Lei Darcy Ribeiro. Estabelece as Diretrizes e Bases da Educação Nacional. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil, DF, 23 de dezembro de 1996, v. 134, n. 248, p. 27833-41, Seção 1.

_____. PCNEM - *Parâmetros Curriculares Nacionais - Ensino Médio* - MEC Brasil 1998.

_____. Ministério da Educação (MEC). Guia de livros didáticos: PNLD 2012: Apresentação. – Brasília : Ministério da Educação, Secretaria de Educação Básica, 2011. 40 p.: il.

BRITO, A. A. S.; “Flogisto”, “Calorico” & “Éter”. *Ciência & Tecnologia dos Materiais*, Vol. 20, n.º 3/4, Sociedade Portuguesa de Materiais – Portugal, 2008.

CARRIÃO, Airton. A aquisição do conceito de função: perfil das imagens produzidas pelos alunos. In: Anais do II Encontro Brasileiro de Estudantes de Pós-Graduação em Educação Matemática, 1998, Rio Claro. pp. 99-103, 1998.

CARVALHO, S. H. M.; ZANETIC, J.; *Ciência e Arte, Razão e Imaginação: Complementos Necessários à Compreensão Da Física Moderna*, Universidade de São Paulo; IX ENCONTRO NACIONAL DE PESQUISA EM ENSINO DE FÍSICA, 2004.

CHI, M.T.H. (1991). Conceptual change within and across ontological categories: Examples from learning and discovery in science. in R. Giere (Ed.). *Cognitive models of Science: Minnesota Studies in the philosophy of Science*. Minnesota: University of Minnesota Press.

CINDRA, J. L.; TEIXEIRA, O. P. B.. *A evolução das ideias relacionadas aos fenômenos térmicos e à eletricidade: algumas similaridades*. Acesso em: 20 de agosto de 2007. Disponível em: <http://www.sbf1.sbfisica.org.br/eventos/epf/viii/PDFs/CO31_2.pdf>.

CORDEIRO, D. *Ciência, pesquisa e trabalho científico: uma abordagem metodológica*. 2º ed. Goiânia: Ed. UCG, 1999.

COSTA, N. L. da. *A Formação do Educador no Brasil. Qualificar a Educação – é fazê-la capaz de dar ao homem cultura*. Trabalho de conclusão de curso (especialização), 2010.

DAHMEN, S. R. Ludwig Edward Boltzmann – Vida e obra. *Gazeta de Física* Fascículo 2; Portugal, Julho de 2007.

_____. A obra de Boltzmann em Física. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v.28, n.3, p.281-295, 2006.

DE BROGLIE, L.; *Materia y Luz*. Buenos Aires: Ed. Espasa-Calpe Argentina; outubro de 1939.

DOCA, R. H.; BISCOLOLA, G. J.; VILLAS BÔAS, N. *Física*, Vol. 2/3; Ed. Saraiva, 2010.

DRUZIAN, A.; RADÉ, T. & SANTOS, R. P. dos. *Uma proposta de perfil conceitual para os conceitos de luz e visão*. in: *Atas do VI ENPEC - Encontro Nacional de Pesquisa em Ensino de Ciências*, Florianópolis/SC. Disponível em: <http://www.fae.ufmg.br/abrapec/viempec/CR2/p1073.pdf>

- ENCARTA. Enciclopédia Microsoft. Microsoft Corporation, 2000.
- FEYERABEND, P. *Contra o método*. Ed. Verso, Lisboa, 1993.
- FISCHLER, H.; LICHTFELDT, M. Modern physics and student's conception. *International Journal of Science Education*, London, v. 14, n. 2, p. 181-90, 1992.
- GASPAR, A. *Compreendendo a Física – Ondas, Óptica e Termodinâmica*. Vol. 2 e 3; Ed. Ática, 2011.
- GATTI, S. R. T. *Análise de uma ação didática centrada na utilização da História da Ciência*. Tese (Doutorado). Campinas: Faculdade de Educação da Unicamp, 2005.
- GIL, D.; SOLBES, J. The introduction of modern physics overcoming a deformed vision of science. *International Journal of Science Education*, London, v. 15, n. 3, p. 255-60, 1993.
- GOBARA, S. T. ; GRÉA, J. Un outil théorique pour caractériser l'apprentissage des élèves : le profil conceptuel (une application à la notion de périodicité chez les élèves de 4ème et 3ème). In: Sixième Séminaire National de recherche en Didactique de la Physique, de la Chimie et de la Technologie, 1997, Lyon. Sixième Séminaire National de recherche en Didactique de la Physique, de la Chimie et de la Technologie. Lyon : LIRDHIST, v. 01. p. 186-196, 1997.
- GRECA, I. M. Construindo significados em mecânica quântica: resultados de uma proposta didática aplicada a estudantes de física geral. 2000. 248f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.
- HALLIDAY, D., RESNICK, R., WALKER, J. *Fundamentos de Física*. Vol. 2; 4ª Edição, Editora LTC, Rio de Janeiro, 1996.
- HOLANDA FERREIRA, Aurélio Buarque de. *Mini Dicionário Aurélio 7ª Ed.*; Curitiba; Editora Positivo. 2009.
- HOLDEN, E. S. *Sir William Herschel his life and works*. United States Naval Observatory, Washington USA, 1881.
- KAZUHITO, Y.; FUKU L. F. *Física para o Ensino Médio*. Vol. 2 e 3; Ed. Saraiva, 2010.
- LINDER, C.J. (1993) A challenge to Conceptual Change. *Science Education*, 77(3): 293-300.
- LOBATO, T.; GRECA, I. M. Análise da inserção de conteúdos de Teoria Quântica nos currículos de Física do Ensino Médio. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 11, n. 1, p. 119-32, 2005.

LÜDKE, M. e ANDRÉ, M. E. D. A. *Pesquisa em educação: abordagens qualitativas*. São Paulo: EPU, 1986.

LUZ, L. M., A escola Atomística. Último acesso em outubro de 2010. Disponível em <http://www.mundovestibular.com.br/articles/879/1/A-ESCOLA-ATOMISTICA/Paacuteginal.html>

MACHADO, D. I.; NARDI, R. Construção e validação de um sistema hipermídia para o ensino de Física Moderna. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, v. 6, n.1, p. 90-116, 2007. Disponível em: <http://www.saum.uvigo.es/reec/>. Acesso em: 2 abr. 2008.

MARTINS, R. de A. Hipóteses e interpretação experimental: a conjectura de Poincaré e a descoberta da hiperfosforescência por Bequerel e Thompson. *Ciência & Educação*, v. 10, n. 3, p. 501-516, 2004.

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

MATTHEWS, M. R. História e Filosofia da Ciência: a Tendência Atual de Reaproximação. *Caderno Catarinense Ensino de Física*, v.12, n.3, 164-214, 1995.

MÁXIMO, A.; ALVARENGA, B. *Curso de Física*. Vol 2/3, Ed. Scipione, 2011.

MAXWELL, F. R. S. J. A dynamical Theory of the Eletromagnetic Field. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, The Royal Society, Pag: 459 – 512, 1865.

MERRIAM, S. *Case study research in education: A qualitative approach*. San Francisco, CA: Jossey-Bass, 1988.

MICHINEL, José Luís; ALMEIDA, Maria José Pereira Monteiro. O Funcionamento da Leitura de Textos Divergentes Referentes a Energia: Perfil conceitual de Estudantes de Física. In: VII Encontro de Pesquisa em Ensino de Física, 2000, Florianópolis - SC. São Paulo : Sociedade Brasileira de Física - SBF, 2000

MORTIMER, E. F. Conceptual change or conceptual profile change?. *Science & Education*, 4(3): 267- 285. 1995.

_____. *Linguagem e Formação de Conceitos no Ensino de Ciências*. Belo Horizonte: Editora UFMG, 2006.

MORTIMER, E. F. e AMARAL, L. O. F. Quanto mais quente melhor: calor e temperatura no ensino de termoquímica. *Química Nova na Escola*, 7, p.34. 1998.

MOTA, L. M. As controvérsias sobre a interpretação da mecânica quântica e a formação dos licenciados em Física (um estudo em duas instituições: UFBA e UFSC). 2000. 176f. Dissertação (Mestrado em Educação) – Centro de Educação, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2000.

OLIVEIRA, F. F., VIANNA, D. M. *O ensino de Física Moderna, com enfoque CTS: um tópico para o Ensino Médio – Raios X*. Faculdade de Educação – UFRJ e FAETEC-RJ. Instituto de Física – UFRJ, 2006.

OLIVEIRA, Fabio Ferreira de; VIANNA, Deise Miranda and GERBASSI, Reuber Scofano. Física moderna no ensino médio: o que dizem os professores. *Revista Brasileira Ensino Física*. 2007, vol.29, n.3, pp. 447-454. ISSN 1806-1117.

OSTERMANN, F. Tópicos de física contemporânea em escolas de nível médio e na formação de professores de Física. 1999. 162f. Tese (Doutorado em Ciências) – Instituto de Física, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 1999.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de pesquisa “Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio”. *Investigações em Ensino de Ciências* – V5(1), pp. 23-48, 2000.

_____. Física contemporânea em la escuela secundaria: una experiencia em el aula involucrando formación de profesores. *Enseñanza de las ciencias*, 18(3), p. 391-404, 2000.

OSTERMANN, F.; RICCI, T. F. Construindo uma unidade didática conceitual sobre mecânica quântica: um estudo na formação de professores de Física. *Ciência & Educação*, Bauru, v. 10, n. 2, p. 235-57, 2004.

_____. Conceitos de física quântica na formação de professores: relato de uma experiência didática centrada no uso de experimentos virtuais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 22, n. 1, p. 9-35, 2005.

OSTERMANN, F.; PRADO, S. D.; RICCI, T. S. F. Investigando a aprendizagem de professores de física acerca do fenômeno da Interferência Quântica. *Ciência e Educação*, Bauru, v. 1, n. 14, p.35-54, 2008.

PEREIRA, A; OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C.; O ensino de Física Quântica na perspectiva sociocultural: uma análise de um debate entre futuros professores mediado por um interferômetro virtual de Mach-Zehnder. *Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias*, Vol.8 Nº 2 2009.

PINTO, A.C. e ZANETIC, J. É possível levar a Física Quântica para o Ensino Médio? -. *Caderno Catarinense de Ensino de Física*, vol.16, No.1, 7-34,1999.

PLANCK M., Zur Theorie der Gesetzes der Energieverteilung im Normal-Spektrum, *Annalen Der Physik*, Pg. 237-245, 1900.

RADÉ, T. S. *O conceito de força na física : evolução histórica e perfil conceitual*. Dissertação de Mestrado, Canoas, ULBRA, 2005.

REZENDE JUNIOR, M. F.; DE SOUZA CRUZ, F. F. Física Moderna e Contemporânea na formação de licenciados em Física: Necessidades, Conflitos e Perspectivas. *Ciência & Educação*, v. 15, n. 2, p. 305-21, 2009.

RICARDO, E. C. As Ciências no Ensino Médio e os Parâmetros Curriculares Nacionais: da proposta à prática. *Ensaio: Avaliação e Políticas Públicas em Educação*, Rio de Janeiro, v. 10, n. 35, p. 141-60, 2002.

RICARDO, E. C.; ZYLBERSTAJN, A. O ensino das Ciências no nível médio: um estudo sobre as dificuldades na implementação dos Parâmetros Curriculares Nacionais. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, Florianópolis, v. 19, n. 13, p. 351-70, 2002.

ROCHA, J. F. M. O conceito de "campo" em sala de aula - uma abordagem histórico-conceitual. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 31, n. 1, 1604, 2009.

RODRIGUES, A. M. *Redimensionando a noção de aprendizagem nas relações entre perfil conceitual e contexto: uma abordagem sócio-cultural-histórica*. Dissertação (mestrado); USP 2009.

ROSA, Maria Inês de Freitas Petrucci S.; SCHNETZLER, Roseli Pacheco. Sobre a importância do conceito transformação química no processo de aquisição do conhecimento químico. *Química Nova na Escola*. n. 8, nov. 1998.

SANT'ANNA, B.; MARTINI, G.; REIS, H. C.; SPINELLI, W. *Conexões com a Física*, Vol 2, Ed. Moderna, 2010.

SANTOS, Renato P. dos; DOMÉNECH, A. 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: SBF, 2005. Disponível em: <http://www.fisica-interessante.com/perfil-conceitual-massa.html>

SCHUTZ, A. (1967). *The phenomenology of the social world*. New York: Northwestern University Press. Translated from *Der Sinnhafte Aufbau der Sozialen Welt* (1932), by Geroge Walsh and Frederick Lehnert.

SILVA, B. V. *Controvérsias sobre a natureza da luz: uma aplicação didática*. Dissertação de Mestrado, UFRN, 2010.

SIMÕES, A. A. *A Concepção Dialética do Conhecimento e o Ensino de Física*. Dissertação (Mestrado em Educação) Faculdade de Educação. São Paulo: Universidade de São Paulo, 1994.

SOUZA, P. H.; ZANETIC, J. *Um diálogo entre a cultura e o perfil epistemológico do conceito de tempo no ensino de Física*. XI Encontro de Pesquisa em Ensino de Física – Curitiba – 2008.

STAUB, A. C. M. *Contribuições da Epistemologia Histórica de Bachelard no Estudo da Evolução dos Conceitos da Óptica*. 200 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-graduação em Educação Científica e Tecnológica, UFSC, Florianópolis, 2005.

TERRAZZAN, E. A. *Perspectivas para a inserção da física moderna na Escola Média*. 1994. 241f. Tese (Doutorado em Educação) - Faculdade de Educação, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1994.

TORT, A. C. Uma tradução comentada de um texto de Maxwell sobre a ação a distância. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 26, n. 3, p. 273–282, 2004.

VIDAL, B. *História da química*. Lisboa: Edições 70, 1986.

ZAIANE, N. Conceptual profile of pupils and students of the radiation. In: *4th ESERA Conference*, Noordwijkerhout, The Netherlands, 2003.

ZIMMERMANN, E., BERTANI, J. A. Um novo olhar sobre os cursos de formação de professores. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v.20, n.1:4362, abr.2003.

ANEXOS

ANEXO 1

Termo de Consentimento Livre e Esclarecido

TERMO DE CONSENTIMENTO LIVRE E ESCLARECIDO

NÚMERO DE CONTROLE: _____

Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário(a), de uma pesquisa. Após receber os esclarecimentos e as informações a seguir, no caso de aceitar fazer parte do estudo, assine ao final deste documento, que está em duas vias. Uma delas é sua e a outra é do pesquisador responsável. Em caso de recusa, você não será penalizado(a) de forma alguma. Em caso de dúvida, você pode procurar o pesquisador responsável pelo telefone (62) 9945-9485.

INFORMAÇÕES SOBRE A PESQUISA:

Título Provisório do Projeto: O PERFIL CONCEITUAL DE RADIAÇÃO NA FORMAÇÃO DE PROFESSORES DE FÍSICA na UFG

Pesquisador Responsável: *Geraldo Pereira da Silva Junior.*

Pesquisador Participante: Juan Bernardino Marques Barrio – Orientador.

- ◆ O objetivo desta pesquisa é: **caracterizar as diferentes intervenções pedagógicas dos licenciandos de Física na perspectiva do ensino e da aprendizagem da Física Moderna e Contemporânea.**
- ◆ O risco que você corre ao participar desta pesquisa é um possível **constrangimento, devido a algumas perguntas e também pela participação efetiva em uma pesquisa.**
- ◆ Você não é, de maneira alguma, obrigado a responder a todas as perguntas, principalmente as que acharem constrangedoras. E pode desistir de participar, desta pesquisa, a qualquer momento.
- ◆ Os benefícios desta pesquisa são de grande importância, pois através dela **poderão ser realizados estudos qualitativos sobre a formação de professores de Física.**
- ◆ Todas as informações serão mantidas em sigilo, junto à Universidade Federal de Goiás. Os dados que serão futuramente publicados, em momento algum identifica qualquer dos sujeitos da pesquisa. Estes dados serão guardados por 5 anos a contar desta data e posteriormente serão queimados.

_____, ____ de _____ de 2011.

Geraldo Pereira da Silva Junior

CONSENTIMENTO DA PARTICIPAÇÃO DA PESSOA COMO SUJEITO

Eu, _____, RG.:nº _____, abaixo assinado, concordo voluntariamente em participar da pesquisa descrita acima, como sujeito. Declaro ter sido devidamente informado e esclarecido pelo pesquisador *Geraldo Pereira da Silva Junior* sobre os objetivos da pesquisa, os procedimentos nela envolvidos, assim como os possíveis riscos e benefícios envolvidos na minha participação. Foi-me dada a oportunidade de fazer perguntas e recebi telefones para entrar em contato, a cobrar, caso tenha dúvidas. Fui orientado para entrar em contato pelo telefone (62) 9945-9485, caso me sinta lesado ou prejudicado. Foi-me garantido que não sou obrigado a participar da pesquisa e posso desistir a qualquer momento, sem qualquer penalidade. Recebi uma cópia deste documento.

Assinatura do participante

ANEXO 2
Questionário



UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS
PRPPG – PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM EDUCAÇÃO EM CIÊNCIAS E MATEMÁTICA

GOIÂNIA ____/____/_____

NÚMERO DE CONTROLE: _____

OBS: Você está sendo convidado(a) para participar, como voluntário(a), de uma pesquisa. O objetivo desta pesquisa é o de caracterizar as diferentes intervenções pedagógicas dos licenciandos de Física na perspectiva do ensino e da aprendizagem da Física Moderna e Contemporânea. Todas as informações serão mantidas em sigilo. Os dados que serão futuramente publicados, em momento algum identificaram qualquer dos sujeitos da pesquisa. Estes dados serão guardados por 5 anos a contar desta data e posteriormente serão queimados. Em caso de dúvida, você pode procurar o pesquisador responsável pelo telefone (62) 9945-9485.

QUESTIONÁRIO

ETAPA I – DADOS GERAIS

1 – Nome (não obrigatório): _____ Idade: _____

2 – Você possui outra graduação?

() Sim. Qual? _____ () Não

3 – Qual o período de licenciatura em Física que você está cursando? _____

4 – Você possui experiência docente?

() Sim. () Não

➤ Se a resposta da questão anterior for **SIM** então responda as questões **5, 6 e 7**, se **NÃO** vá para a **ETAPA II**.

5 – Por quanto tempo durou/dura esta(s) experiência(s) docente? _____

6 – Em que nível de ensino ocorreu esta experiência docente?

() 1º Grau (Ensino Fundamental)

() 2º Grau (Ensino Médio)

7 – Qual(is) disciplina(s) foi(ram) ministrada(s)? _____, _____, _____

ETAPA II – DADOS CONCEITUAIS

OBS: As próximas perguntas sempre serão relacionadas a sua percepção.

8 – Que formação e conhecimento deve ter um professor para desenvolver o conteúdo de radiação de forma a proporcionar um maior interesse ao estudante?

9 – Levando em consideração seus conhecimentos, como você conceituaria o termo “radiação”?

10 – Os fenômenos do calor e da luz estão relacionados com a radiação? Se sim, de que forma(s)?

11 – De que maneira(s) os fenômenos do calor e da luz se apresentam nas concepções iniciais dos estudantes?

12 – Que estratégia(s) de ensino você usa/usaria para relacionar os fenômenos do calor e da luz com a quantização da energia presente na Física Moderna e Contemporânea?

13 – De acordo com as opções abaixo, marque nas colunas ao lado de cada estratégia de ensino a opção que você utiliza/utilizaria, em sala de aula, de modo a facilitar o processo de aprendizagem de conceitos que envolvem a Física Moderna e Contemporânea.

ESTRATÉGIA DE ENSINO	NUNCA	RARAMENTE	ÁS VEZES	FREQUENTEMENTE	SEMPRE
Aula expositiva					
Trabalho em grupos					
Pesquisa Bibliográfica					
Uso de textos					
Uso de computador					
Uso de retroprojetor					
Aula de laboratório					
Atividade experimental em sala					
Projeção de filmes					
Desenvolvimento de projetos					
Leituras em sala de aula					
Outra, qual?					

ANEXO 3

Plano do trabalho docente para o conceito de radiação

PROPOSTA DE TRABALHO DOCENTE PARA O CONCEITO DE RADIAÇÃO – DISCIPLINA: Física

NÚMERO DE CONTROLE: _____

CONCEPÇÕES DE RADIAÇÃO	SÉRIE ATRIBUÍDA	NÚMERO DE AULAS PROPOSTAS	CONTEÚDOS A SEREM ATENDIDOS NA DISCIPLINA	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO ADOTADO	INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO
<p>Radiação das sensações: radiação relacionada à percepção ou à sensação de calor dando à mesma uma ideia de fluido de calor.</p>	<input type="checkbox"/> 1º Ano <input type="checkbox"/> 2º Ano <input type="checkbox"/> 3º Ano	____ aulas	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____
<p>Radiação e matéria: radiação com propriedade de objeto capaz de se relacionar com a matéria.</p>	<input type="checkbox"/> 1º Ano <input type="checkbox"/> 2º Ano <input type="checkbox"/> 3º Ano	____ aulas	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____
<p>Radiação e iluminação: radiação relacionada ao conceito de luz, sendo o olho o instrumento de medição que não estabelece uma precisão relevante obtendo-se apenas uma comparação e uma estimativa visual.</p>	<input type="checkbox"/> 1º Ano <input type="checkbox"/> 2º Ano <input type="checkbox"/> 3º Ano	____ aulas	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____ _____ _____

PROPOSTA DE TRABALHO DOCENTE PARA O CONCEITO DE RADIAÇÃO – DISCIPLINA: Física

NÚMERO DE CONTROLE: _____

CONCEPÇÕES DE RADIAÇÃO	SÉRIE ATRIBUÍDA	NÚMERO DE AULAS PROPOSTAS	CONTEÚDOS A SEREM ATENDIDOS NA DISCIPLINA	PROCEDIMENTO METODOLÓGICO ADOTADO	INSTRUMENTOS DE AVALIAÇÃO
<p>Radiação eletromagnética: radiação que interage com a matéria através das explicações sobre as propriedades eletromagnéticas.</p>	<input type="checkbox"/> 1º Ano <input type="checkbox"/> 2º Ano <input type="checkbox"/> 3º Ano	_____ aulas	_____ _____ _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____
<p>Radiação térmica: radiação expressa por equações matemáticas sendo a mesma uma função do comprimento de onda e da temperatura de um corpo, que estabelece uma noção de medida da energia da luz.</p>	<input type="checkbox"/> 1º Ano <input type="checkbox"/> 2º Ano <input type="checkbox"/> 3º Ano	_____ aulas	_____ _____ _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____
<p>Radiação quântica: radiação descontínua, responsável pelo surgimento da concepção de fótons e da dualidade onda-corpúsculo.</p>	<input type="checkbox"/> 1º Ano <input type="checkbox"/> 2º Ano <input type="checkbox"/> 3º Ano	_____ aulas	_____ _____ _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____	_____ _____ _____ _____ _____ _____

ANEXO 4

Tabela de respostas das questões 08 a 12

LICENCIANDO	8 - QUE FORMAÇÃO E CONHECIMENTO DEVE TER UM PROFESSOR PARA DESENVOLVER O CONCEITO DE RADIAÇÃO DE FORMA A PROPORCIONAR UM MAIOR INTERESSE AO ESTUDANTE
01	O professor precisa ter uma formação em física e saber não apenas o assunto mas como desenvolvê-lo de uma
02	Citar aplicações na tecnologia; falar sobre os acidentes; dizer as aplicações e as implicações na saúde
03	O profissional (no caso professor) deve ter uma formação na área de ciências (física ou química), pois, saberá ensinar melhor o conteúdo com base em simples experimentos ou até mesmo com base em observações no
04	Comcerteza professores que estão na rede de ensino a mais tempo não conseguem desenvolver este conteúdo com grande DENODO quanto os recém formados, visto a constante enfase que tem se dado a este tema nos últimos anos. Logo é necessário uma formação atual e constantes buscas sobre este conteúdo. Estar se reciclando sempre.
05	Uma formação sólida de Física Moderna e uma capacidade de tratar os conhecimentos de forma simples tomando cuidado para não banalisar o que vem a ser ensinado
06	O professor deve ter conhecimento sobre o assunto, ou seja, ter feito as disciplinas relacionadas ao assunto. Deve ter, também, uma boa didática: quadro, retroprojeter, simulações em computadores. Para facilitar o entendimento
07	O professor deve além de ter conhecimento do conteúdo de radiação, ter conhecimento da realidade social dos alunos e de variadas perspectivas de ensino de forma que articulando a perspectiva de ensino com a realidade do
08	Deve ter cursado as disciplinas de Física Moderna. Conhecimento a respeito de energia, onda eletromagnéticas, a melhor forma de proporcionar interesse é explorar como a radiação é utilizada no cotidiano, no caso de Goiânia, explicar a questão do Césio - 137, no Brasil como um todo as usinas nucleares, utilização na medicina. Explorar o
09	O professor deve ter formação na área de ciências naturais que envolve licenciatura em física ou química.
10	Além de haver cursado as disciplinas de Física Moderna (Incluindo laboratório), acredito que é necessário conhecer a história envolta a esse conteúdo, além de saber as aplicações de radiação na vida cotidiana.
11	Deve conhecer bem o conteúdo e também deve dispor de uma boa abordagem didática, que desperte o interesse
12	Além de ter um bom embasamento teórico, é importante uma boa didática de ensino.
13	Quanto ao conhecimento o professor deve ter o domínio do conteúdo a ser ensinado. Também é necessário fazer uma conexão com o cotidiano do aluno a fim de despertar o interesse do mesmo.
14	Ter encontrado uma metodologia que o melhor permita fazer a transposição didática e habilidade em trabalhar o
15	Além de cursar Física Moderna, ele deve ter que cursar prática de ensino para que possa tirar dúvida em relação a postura em sala, além de ler bastante coisas da atualidade da física.
16	O professor deve ter formação em Física e ter conhecimento de Física Moderna.
17	Um professor deve ter um bom conhecimento em eletro e Física Moderna e também saber relacionar esse
18	Acima de tudo, para o aluno ter interesse, o professor tem que fazer com que aluno compreenda o conteúdo no caso radiação. Para que isso ocorra um professor tem que ter uma boa formação inicial e continuada.
19	Quanto a formação a parte teorica e pratica laboratorial, conhecimento a utilização de formas ou práticas didáticas
20	Primeiramente dominio do conteúdo, depois processar um experimento para atrair a atenção do aluno e aplicações do conteúdo ministrado envolvendo o dia a dia do aluno.
21	Apesar de não dominar o assunto, penso que uma formação pode ser pautada em uma literatura razoável que abrange tanto os conhecimentos físicos quanto aqueles voltados para a formação de professores. Com base na forma como os alunos tratam a disciplina (falta de interesse, por exemplo) é natural esperar que o curso forneça as ferramentas necessárias, principalmente aquelas que possam desenvolver o raciocínio a prática docente. Ex. formação de professores reflexivos, estudos voltados para o estabelecimento da comunicação em professor e
22	O professor deve conhecer profundamente o tema, tendo sua visão em disciplinas de física, conhecendo suas
23	Uma pós graduação em ensino de física, e que sua área de estudo fosse radiação.
24	

LICENCIANDO	9 - LEVANDO EM CONSIDERAÇÃO SEUS CONHECIMENTOS, COMO VOCÊ CONCEITUARIA O TERMO "RADIAÇÃO"?
01	Radiação pode ser considerada uma propagação de algo em um meio.
02	Radiação, ondas eletromagnéticas se propagando em meio.
03	Como uma onda que transmite luz e calor (conceituando de forma grosseira)
04	Qualquer coisa que tenha uma equação de onda que tenha relação de fase constante e frequência definida.
05	Uma onda eletromagnética com relação de fase constante no tempo. Com amplitude e comprimento de onda bem definidos e em determinada frequência. Essas ondas eletromagnéticas ou partículas que se propagam com determinada velocidade contendo energia e campos.
06	
07	Radiação é uma emissão de energia que pode ser gerada por diversos fenômenos físicos.
08	Radiação é a propagação de ondas eletromagnéticas ou seja, com comprimento de ondas grandes.
09	Radiação é uma forma de interação da matéria, na forma de ondas em que transportam energia.
10	Radiação é uma das três formas de propagação de calor de um corpo para outro em que o transporte de energia se dá através de ondas eletromagnéticas (considerando também a luz com o comportamento de uma onda eletromagnética).
11	É a energia transmitida nas "mudanças de estado do elétron". (Essa é uma forma resumida de dizer o que é radiação).
12	São raios provenientes da luz, que tendo um comportamento de onda eletromagnética se propaga em um meio.
13	Radiação é um fenômeno físico caracterizado pela propagação de energia sob forma de ondas eletromagnéticas e fótons.
14	Como sendo onda eletromagnética, que não necessita de um meio material para se propagar, carrega consigo energia e também pode ser tratada como partícula.
15	Radiação é uma onda eletromagnética que por ser "onda" possui características mensuráveis como: comprimento de onda, velocidade de propagação entre outras
16	Radiação esta associada com energia e ondas eletromagnéticas (é um tipo de onda eletromagnética que transporta energia)
17	Radiação são basicamente ondas eletromagnéticas ou uma forma de transmissão que independe do meio material como a radiação calor.
18	Radiação, pode-se dizer que são "partículas" com uma dada velocidade, frequência, comprimento de onda que emitem com isso níveis de radiação como, eletromagnética, microondas, infravermelha etc.
19	Uma forma de propagação de partículas com certas propriedades.
20	Radiação é um corpo devido sua temperatura ele emite radiação, ou seja, você consegue notar a olho nú, isso grande parte das vezes, claro que com pequena quantidade de calor isso não é possível.
21	
22	Radiação seria a emissão de "algo" por algum material.
23	Um processo físico que ajuda ou prejudica a humanidade
24	

LICENCIANDO	10 - OS FENÔMENOS DO CALOR E DA LUZ ESTÃO RELACIONADOS COM A RADIAÇÃO? Se sim, de que forma?
01	São. O calor e a luz são propagados através de uma fonte inicial, se observamos o Sol por exemplo, as duas opções são emitidas pelo mesmo e também a radiação.
02	Sim. Ambos podem ser estudados como ondas, ou seja possuem um comprimento de onda.
03	Sim. Ambos os fenômenos (luz e calor) são transmissão de energia através de ondas eletromagnéticas. São elétrons acelerados que emitem radiação.
04	Não sei.
05	Ambos os fenômenos são exemplo de radiação onde o calor é a energia térmica em trânsito e a luz um pulso eletromagnético. Os dois possuem relação de fase e comprimento de onda constante no tempo.
06	
07	Pode estar ou não tendo em vista que são vários os fenômenos físicos que implicam na emissão de radiação.
08	Sim pois a onda se propaga através da luz e como possui altos níveis de energia logo aumenta a agitação das moléculas no interior, ou seja, aumenta a temperatura e calor é a variação de temperatura.
09	Sim, fenômenos de calor e luz também estão relacionados com a radiação, na forma em que são propagados o calor como na condução, convecção e irradiação, assim também como a luz.
10	Sim. A radiação é uma das formas com que o calor pode passar de um corpo para outro, e essa propagação não precisa de um meio. A luz é uma forma de radiação.
11	Sim. Pois o calor é energia e a radiação também, de fato é válido lembrar que o fóton esta presente tanto na luz visível quanto em outro espectro de radiação.
12	Sim. A luz emite radiação, assim como o calor (energia térmica). Um exemplo significativo de ambos seria o Sol, que emite luz e calor.
13	Sim. Ambos são radiações eletromagnéticas.
14	Sim. A radiação, por ser uma onda, carrega consigo energia e essa energia ao ser transmitida a algum corpo que a armazene terá sua temperatura elevada, ou seja, está associada ao calor. Um corpo muito quente libera radiação, algumas visíveis e outras não. Então a radiação está relacionada ao fenômeno da luz.
15	Sim, ambas são ondas eletromagnéticas, embora há uma dualidade em caracterizá-las, ora é corpo, ora é partícula.
16	Sim, nas emissões das ondas eletromagnéticas, apesar de ter uma propriedade corpuscular.
17	Sim, pois ambas são ondas eletromagnéticas embora o calor esteja mais relacionado com ondas infravermelhas e a luz as ondas na faixa do ultravioleta.
18	Sim, como falado infravermelha, eletromagnética, ultra-violeta, gama, alfa, beta e X, etc.
19	Sim, enquanto o calor em exemplo seria o aparelho de micro-ondas onde se usa a radiação para produzi-lo. Para luz por ser uma onda de propriedade eletromagnética, exemplo efeito fotoelétrico.
20	Quando ele emite calor se colocarmos um espelho em frente ao material podemos a luz se olharmos no espelho desde que seja fornecido grande quantidade de calor, outra forma, sabemos que existe elétron envolvido quando se trata de luz hora como onda eletromagnética ora como partículas. Senso assim quando tem radiação temos luz, depende da temperatura.
21	
22	Sim. A luz pode ser dita uma radiação eletromagnética e o calor também uma radiação, sendo considerada térmica, mas também pode ser relacionada a uma radiação eletromagnética em uma faixa não visível.
23	Sim. Radiação térmica e radiação eletromagnética.
24	

LICENCIANDO	11 - DE QUE MANEIRA(S) OS FENÔMENOS DO CALOR E DA LUZ SE APRESENTAM NAS CONCEPÇÕES INICIAIS DOS ESTUDANTES
01	Eles entendem que um está ligado ao outro mas não sabem como e não compreendem o fenômeno em si, mas tem um entendimento prévio sobre o assunto.
02	Calor: Alta temperatura, quente e frio. Luz: luz é luz
03	Através da luz solar, simplesmente, ou o calor que se senti ao se aproximar de uma lâmpada incandescente (sem tocá-la)
04	Calor é algo que passa de um corpo para outro e luz como uma agente universal.
05	Acredito que as concepções destes fenômenos estão relacionadas ao senso comum.
06	Acredito que os estudantes tem uma dificuldade quando se trata de calor eles confundem com temperatura. As concepções iniciais dos estudantes veem do seu dia-adia.
07	Não tenho ideia, tendo em vista a falta de prática docente.
08	Calor é quando está quente. Luz quando é visível.
09	Do "senso comum" não somente os estudantes, mas a sociedade geralmente associa calor a temperaturas elevadas, e luz como qualidade, ou propriedade de um corpo luminoso.
10	Na concepção dos estudantes, calor é algo que é quente, e a luz é algo que brilha, ou contrário de escuro, algo que dá pra ver.
11	
12	Quando se fala de calor a primeira coisa que vem à cabeça de um estudante em suas concepções iniciais é "quente". No caso da luz, tratam-a como "iluminação".
13	O conceito calor está muito ligado à questão de temperatura, a noção de quente ou frio.
14	O calor é apenas relacionado ao clima quente. Se estiver frio, então não esta fazendo calor. E a luz é apenas o que ilumina o que eles enxergam.
15	Para eles, primeiramente ambas são distintas, na minha experiência de sala de aula, nunca vi um aluno tocar no assunto, pois calor é quente e luz clarea as coisas.
16	Os alunos de modo geral não conseguem diferenciar os conceitos de calor e luz, em grande parte dos alunos associam calor com temperatura e não conseguem expressar sobre a luz.
17	
18	Para hoje ondas eletromagnéticas, microondas e raios X.
19	Da forma mais simples (acredito). Que o calor seja o aumento de temperatura e a luz sua essencia principal sem considerar as propriedades radioativas de ambos.
20	De maneira muito superficial, na qual muitos nem sabem cientificamente o que é calor, sabe que é quente coisas do seu dia-adia. Já sobre a luz podemos dizer que sabe menos ainda pois eles apenas sabem o que é a luz não sabem o que acontece para ter uma luz como gera um feixe de luz.
21	
22	Inicialmente, os estudantes podem ter concepções de que a luz e o calor possam ser alguma "partícula" emitidas pelos corpos que emitem essas radiações.
23	Frio e quente. Iluminado e escuro.
24	

LICENCIANDO	12 - QUE ESTRATÉGIA(S) DE ENSINO VOCÊ US/USARIA PARA RELACIONAR OS FENÔMENOS DO CALOR E DA LUZ COM A QUANTIZAÇÃO DA ENERGIA PRESENTE NA FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA?
01	Experimentos envolvendo a termodinâmica, como a variação da temperatura da água exposta ao fogo, o funcionamento de uma lâmpada, etc.
02	Usaria a ideia dos pacotinhos de energia.
03	Através de aulas expositivas e simples observações de fenômenos naturais.
04	Não sei.
05	Utilizaria aulas expositivas e o auxílio de animações, editor de textos, etc.
06	Através de aulas expositivas; trabalhos em grupo e se possível utilizar o laboratório (se na escola tiver um) para fazer alguns experimentos e utilização de programas de computadores (simuladores, applets, ...).
07	Eu, tendo em vista a falta de uma concepção consolidada a este respeito, usaria uma perspectiva de ensino por pesquisa, que além de aumentar o interesse dos estudantes, geraria discussões e relações entre os conceitos no mínimo interessantes.
08	
09	De uma forma geral é interessante relacionar o conteúdo a vida cotidiana dos alunos, apresentar exemplos do dia a dia, e explorar as aplicações da radiação nas variadas formas que ela se apresenta.
10	Relacionaria esses fenômenos com o idealizado corpo negro e espelho ideal, mencionando a questão das cores (mistura delas), falaria do Sol e do efeito estufa, não trabalhando as ideias quantitativas desses fenômenos, apenas aspectos qualitativos.
11	Utilizaria o átomo de Bohr (infelizmente), para explicar os saltos de energia e diria que o átomo mudou de estado, porém ele deve ter recebido alguma energia para que tal mudança ocorresse, por fim diria que essa perda ou esse ganho de energia é quantizado.
12	Levar o cotidiano ao estudante para a sala de aula. E assim, aplicar a Física, neste caso Física Moderna.
13	Uma boa estratégia seria a evolução dos conceitos ao longo dos séculos, tanto calor quanto a luz, evidenciando os principais debates teóricos de cada época e as teorias mais aceitas.
14	
15	Não faço ideia, pois os livros que uso não tem Física Moderna. Mais possivelmente usaria aulas com data-show e alguns programas javas para exemplificar.
16	
17	Usaria mídias digitais.
18	Para mim esta é uma pergunta muito complicada.
19	Com certeza a parte de vídeos didáticos, pois o conteúdo teria uma explicação melhor. Fora os experimentos cabíveis.
20	Nunca tive a oportunidade de aplicar Física Moderna para meus alunos, pois trabalho com frente definida (mecânica, eletricidade).
21	
22	O que poderia ser utilizado poderia ser uma conceituação histórica, discutindo como as ideias caminharam no decorrer do tempo. Através disto, abrir caminho para a análise da luz e do calor diante as teorias da Física Moderna.
23	Usod e vídeos.
24	

ANEXO 5

Tabela de respostas da proposta de intervenção pedagógica

TEORIA FAMILIAR			
LICENCIANDO	SUBCATEGORIA SENSUALISTA/SUBSTÂNCIALISTA	SUBCATEGORIA MATERIALISTA	SUBCATEGORIA DE ILUMINAÇÃO
L01	Giz e quadro negro, textos interativos, experimentos para um aprendizado empírico	Exposição de filmes, quadro e giz, textos complementares e seminários	Construção de uma caixa preta - principiada fotografia, giz e quadro negro, textos de apoio.
L02	Fazer uma boa abordagem sobre ondas, fazendo vários experimentos e pesquisas. Depositar bastante a condução de calor, e o conceito de energia em trânsito.		
L03	aula expositiva, laboratório de ciências, uso do computador.	Aula expositiva, uso do projetor, uso do computador	Aula expositiva, uso do computador, uso do retroprojetor, visita a museus de ciência.
L04	Problematização utilizando os três momentos pedagógicos de Paulo Freire.	Aula expositiva tradicional	Problematização utilizando os três momentos pedagógicos de Paulo Freire.
L05	Aula expositiva, Power point, editor de texto	Aula expositiva, editor de texto, documentários	Aula expositiva, filmes.
L06	Aulas expositivas, trabalho em grupo.	Aulas expositivas, trabalho em grupo	Aula expositivas, listas de exercícios, trabalho em grupo.
L07	Ensino por pesquisa	Ensino por pesquisa	Ensino por pesquisa.
L08			
L09	Aula expositiva, pesquisa bibliográfica, trabalho em grupo.	Aula expositiva, uso de computador (Slides e aplicativos)	Aula expositiva, Slides.
L10	Aula expositiva.	Aula expositiva	Usaria um filme, ou apresentação de slides, com imagens e fotografias mostrando os conceitos em um fechamento de conteúdo, provavelmente após estudarem luz e onda mecânica, instigando o pensar sobre a luz e o seu tipo ondulatório.
L11			
L12	Definir o que é trabalho e Energia. Relacionar a hidrostática com as leis de Newton e explorar Energia. Procurar uma aproximação do conhecimento do estudante, onde ele pode expor sugestões e ideias para que ele se sinta participante do conhecimento.	Definir o que é matéria, massa, trabalho e energia.	Antes de tudo definir o que é luz. Mostrar como se comporta e levar ao cotidiano do estudante suas aplicações.
L13	Introdução da aula com uma evolução histórica do conceito de calor, desde a época dos gregos à teoria atualmente aceita. Experimentos que instiguem a discussão dos alunos e a exposição da teoria.		Evolução histórica dos conceitos, discussão: luz (física clássica) x luz (física moderna), experimentos.
L14	Aulas expositivas com muita discussão e adotando os três momentos pedagógicos.	Aulas expositivas	Aulas expositivas e experimentais adotando os três momentos pedagógicos.
L15	Aula expositiva dialógica. Uso e mídias, sempre uso, uma vez que é um grande auxiliar.	Aulas expositivas, uso de mídias	Aulas expositivas (demonstrações básicas), uso de mídias - data show, programas em java.
L16			
L17			
L18	Aulas expositivas como quadro e giz. E leitura de textos onde fica mais próxima da realidade do aluno.		
L19	Primeiramente uso de textos explicativos e expositivos. Uma aula de vídeo onde mostraria exemplos demonstrativos.	Introdução ao conteúdo, uso no cotidiano do assunto, aparelhos desenvolvidos sobre este assunto.	Definição de luz, natureza da luz (conceitual), aparelhos ópticos, espelhos.
L20	Primeiramente levaria um experimento para a sala e perguntaria o que fisicamente estava ocorrendo com aquele experimento, depois começaria a explicá-lo o que de fato estava acontecendo.	Sempre começo com o experimento	Sempre experimento.
L21			
L22	Exposição, podendo utilizar filmes, animações, etc.	Discussão sobre o conceito de radiação, levando o debate de várias concepções do mesmo e interação com a matéria.	Através de textos, filmes, etc, trabalhar o conceito e a relação existente entre a radiação e a iluminação.
L23	Experimentos em laboratório e aulas expositivas.		
L24	Apresentar os conceitos e depois citar exemplos.		Aulas expositivas, uso de vídeos.

LICENCIANDO	TEORIA ENERGÉTICA CLÁSSICA	TEORIA DA FOTOMETRIA FÍSICA	TEORIA ENERGÉTICA QUÁNTICA
L01	Construção de um experimento que explique a ressonância, quadro e giz, pesquisas e discussões sobre os temas	Quadro e giz e textos complementares	
L02			
L03	Aula expositiva, uso de computador, laboratório de ciências, visitas à museus de ciências	Aula expositiva, uso do computador, laboratório de ciências.	Aula expositiva, uso do computador
L04	Uso de analogias e comparações com o cotidiano do aluno. Problemática utilizando os três momentos pedagógicos. Uso de instrumentos paradidáticos de apoio.	Aula expositiva tradicional (visto se tratar de um conteúdo mais formal da física)	Aula expositiva tradicional permeada por recursos didáticos tais como software educativo, sites específicos, etc.
L05	Aula expositiva. Editor de texto.	Aula expositiva, editor de texto.	aula expositiva, Animação, editor de texto.
L06	Lista de exercícios. Aulas expositivas. Trabalho em grupo.	aulas expositivas, listas de exercícios, trabalho em grupo.	Aulas expositivas, lista de exercícios, trabalho em grupo.
L07	Ensino por pesquisa.	Ensino por pesquisa.	Ensino por pesquisa.
L08			
L09	Aula expositiva. Slides e Aplets.	Aula expositiva.	Aula expositiva.
L10	Aula expositiva	Aula expositiva e um trabalho da pesquisa sobre a radiação térmica envolvida com o efeito estufa, garrafa térmica.	Aula expositiva.
L11			
L12			
L13	Experimentos de indução. Estudo de aparelhos tecnológicos que utilizem a radiação eletromagnética, exemplo: celular, microondas... Exposição dos conteúdos didáticos.		Experimentos de efeito fotoelétrico, contexto histórico.
L14	Aulas expositivas	Aulas expositivas.	Aulas expositivas.
L15	Aulas expositivas. Usode mídias, principalmente data Show e softwares.	Aulas expositivas, usod e mídias.	Aulas expositivas, uso de mídias.
L16			
L17			
L18			
L19	Ondas eletromagnéticas (conceito).	Propagação de calor, aparelhos de microondas.	
L20	Sempre experimento primeiro, depois as teorias. Fazer o experimento com uma breve explicação depois a teoria.	Experimento após o experimento explicar a teoria e aplicação no dia a dia.	Laboratório com explicação rápida.
L21			
L22	Através de instrumentos do cotidiano pode-se levar os alunos a discussão do assunto.	Após de discussões de energia, propriedades de onda e da matéria, pode-se levantar a discussão acerca da radiação térmica. Filmes, textos, livros, podem contribuir para a discussão.	Abordando um pouco do conteúdo histórico que nos apresenta o tema, podemos levar as discussões que englobam a radiação quântica. Filmes e textos são uma boa opção para trabalhar.
L23	Aula expositiva. Simulação em computador. Vídeos.		
L24	Aulas expositivas		