UniAGES
Centro Universitário
Licenciatura em Física

GLEISEANE DE SOUZA SANTOS BISPO

INCANDESCÊNCIA E LUMINESCÊNCIA

fenômenos luminosos como agentes da interdisciplinaridade

Paripiranga
2021

GLEISEANE DE SOUZA SANTOS BISPO

INCANDESCÊNCIA E LUMINESCÊNCIA

fenômenos luminosos como agentes da interdisciplinaridade

Monografia apresentada no curso de graduação do Centro Universitário AGES como um dos pré-requisitos para obtenção do título de licenciado em Física.

Orientadora: Ma. Amanda Maria Rabelo Souza.

Paripiranga
2021

GLEISEANE DE SOUZA SANTOS BISPO

INCANDESCÊNCIA E LUMINESCÊNCIA

fenômenos luminosos como agentes da interdisciplinaridade

Monografia apresentada como exigência parcial para obtenção do título de licenciado em Física à Comissão Julgadora designada pela Coordenação de Trabalhos de Conclusão de Curso do UniAGES.

Paripiranga, ____ de _____de _____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Ma. Amanda Maria Rabelo Souza
UniAGES

Prof. Akassia Maria Rabelo Souza
UniAGES

AGRADECIMENTOS

Agradeço em primeiro lugar, a Deus que fez com que tornou os meus objetivos possíveis de alcançar, durante os meus anos de estudos. Agradeço à minha orientadora, prof.ª Me. Amanda Maria R. Souza, pela orientação presente, participativa e competente, e pela grande paciência. Agradeço aos professores por todos os conselhos, pela ajuda e pela paciência com a qual guiaram o meu aprendizado.

A meu esposo, que sempre esteve ao meu lado, apoiando e compreendendo a minha trajetória, ao longo de todo o período de tempo em que me dediquei a este trabalho. À minha mãe, pai e irmã que incentivaram e torceram por mim.

À Ages e ao colegiado de Física pela oportunidade de realizar este curso de Graduação.

RESUMO

Quando se fala em fenômenos luminosos, a ciência tende investigar os meios possíveis e viáveis de armazenar, conservar e refletir a luz, da forma mais duradoura possível. Quanto menos se precise produzir a luz refletida, mais sofisticada é a ciência que a explica e/ou produz; por isso, mais de um campo, mais de um conceito, mais de uma forma de descrever o fenômeno é necessário, e assim surgem ideias como as de luminescência e incandescência. Como são várias formas, vários conceitos, várias ciências trabalhando juntas e contribuindo de forma interdependente, então surge a interdisciplinaridade entre as ciências. E essa foi a proposta geral da pesquisa aqui realizada: Entender a contribuição de fenômenos luminosos como a incandescência e a luminescência para um Ensino de Física interdisciplinar. A investigação leva em consideração que a ciência funciona de modo interdisciplinar, uma vez que uma área do conhecimento não contradiz outra, mas sim colabora e a completa; logo, toda e qualquer componente curricular, de acordo com a BNCC, deve ser trabalhada interdisciplinarmente, de modo mais intrínseco, com as demais que fazem parte da grande área que ela compõe e, de modo mais extrínseco, com as demais componentes das outras áreas que formam a unidade curricular da educação, seja ela básica ou superior. A base para fundamentar esse pensamento necessitou ser efetivada por meio de pesquisa bibliográfica, de cunho qualitativo, tendo em vista que o período de pandemia em 2021 impede o aprofundamento em campo, para dados quantitativos, com referenciais teóricos das Ciências da Natureza, da Educação e da docência, tendo em vista que a problemática propõe uma educação interdisciplinar, tomando como objeto de estudo a luminescência e incandescência, ou seja, conceito das ciências da natureza, colocando a interdisciplinaridade sob jurisdição docente. Desse modo, sujeitos renomados nessas áreas podem ser encontrados fomentando a discussão, bem como: Atvars e Marcelli (2002), Gadotti (2003), Libâneo (2013) e Pombo (2005), por exemplo.

Palavras-chave: Luminescência; Incandescência; Interdisciplinaridade; Educação.

ABSTRACT

When it comes to phenomena of light, science tends to investigate the possible and viable ways to store, conserve and reflect the light, as long as possible. The less it is necessary to produce reflected light, the more sophisticated is the science that explains and/or produces it; therefore, more than one field, more than one concept, more than one way to describe the phenomenon is necessary, and hence ideas such as luminescence and incandescence arise. As there are several forms, several concepts, several sciences working alongside each other and interdependently contributing, then the interdisciplinarity between the sciences emerges. And this was the overall aim of this research: To understand the contribution of luminous phenomena such as incandescence and luminescence for an interdisciplinary teaching of Physics. The investigation considers that science works in an interdisciplinary way, since one area of knowledge does not contradict another, but rather collaborates and completes it; therefore, each and every curricular component, according to the BNCC, must be worked interdisciplinary, in a more intrinsic way, with the others that are part of the large area it comprises and, in a more extrinsic way, with the other components of other areas that structure the curricular unit of education, be it basic or higher. The foundation for this thought was effected through a bibliographical research of qualitative nature, considering that the pandemic period in 2021 prevents further in-depth in the field, for quantitative data, with theoretical references from the Natural Sciences, Education and of teaching, considering that the problem proposes an interdisciplinary education, taking as its object of study the luminescence and incandescence, that is, natural sciences' concept, placing interdisciplinarity under teaching jurisdiction. Thus, renowned subjects in these areas can be found fostering the discussion, as well as: Atvars and Marcelli (2002), Gadotti (2003), Libâneo (2013) and Pombo (2005), for example.

Keywords: Luminescence; Incandescence; Interdisciplinarity; Education.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO 9

2. MARCO TEÓRICO 13

2.1. Luminescência e Incandescência: conceitos e classificações 13

2.2. Relação Lógica Entre Componentes Curriculares 18

2.3. As concepções de Interdisciplinaridade no Ensino 23

3. MARCO METODOLÓGICO.....31

3.1. Classificação e coleta de dados.....31

4. MARCO ANALÍTICO 34

4.1. Análise dos Artigos.....34

4.2. Análise dos Livros 37

4.3. Resultados e Discussões 39

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....50

REFERÊNCIAS.....51

LISTA DE QUADROS

QUADRO 1: Produções acerca da temática, por estado brasileiro e disponibilidade. 35

QUADRO 2: Publicações por conteúdo de abordagem 37

QUADRO 3: Quantitativo de livros consultados, por estado brasileiro 38

QUADRO 4: Livros analisados por conteúdo de abordagem. 39

1. INTRODUÇÃO

Historicamente, os fenômenos que envolvem manifestações luminosas sempre causaram o anseio por explicações científicas, assim como o entendimento do funcionamento dos mesmos. A título de exemplo toma-se o caso da dualidade onda-partícula, que antes de disseminar pelo mundo os seus benefícios no que tange ao avanço da ciência e tecnologia, provocou amplos alardes quanto à real natureza da luz e como compreendê-la.

Assim sendo, necessitou-se desenvolver estudos teóricos e práticos do tema em questão, de forma que os fenômenos que envolviam a luz e suas mais derivadas características associaram-se a uma área do conhecimento, visando o aprofundamento do estudo. Para este fim, a Óptica foi, então, desenvolvida, sendo uma parte exclusiva da Física para o estudo da luz e suas características inerentes.

A pesquisa que aqui se apresenta enfoca na incandescência e luminescência, dois conceitos cujo estudo é relevante para a ciência, tal como para a sociedade tecnológica, tendo em vista a sua vasta aplicação, tanto nas áreas médicas, biológicas, químicas e Físicas. Assim, interessa à educação a formação de sujeitos críticos e competentes para com o tema supracitado, dada a sua contribuição para o avanço da ciência e da sociedade.

Para que o discente possa construir um conhecimento horizontal sobre o assunto, podendo assim trabalha-lo de forma crítica nas mais diversas situações que lhe sejam apresentadas, como dita a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) de 2017, faz-se necessário que o mesmo seja estudado sob diversas óticas. Entretanto, incandescência e luminescência são conceitos que, de modo geral, estão resguardados à disciplina de Química, o que limita a construção do conhecimento, por parte do alunado, a uma única perspectiva.

A presente pesquisa lida com os fenômenos de luminescência e incandescência, a fim tanto de compreender as suas características e diferenças, quanto denotar a sua contribuição para outras áreas do conhecimento, geralmente contidas nas Ciências da Natureza, e que possam explicar, através desse estudo, outros fenômenos como a estrutura atômica, por exemplo, sob um viés da Física.

Mais exatamente, de que modo fenômenos luminosos como a incandescência e a luminescência podem contribuir para um Ensino de Física interdisciplinar? Nota-se que apesar de, como dito anteriormente, estes são conceitos estudados pela Química, mas a proposta de estudo em questão é lidar com eles com uma visão do Ensino de Física, uma vez que é buscado a interdisciplinaridade, ou seja, usar os conceitos supracitados para elucidar outros.

Como objetivo geral da pesquisa tem-se: Entender a contribuição de fenômenos luminosos como a incandescência e a luminescência para um Ensino de Física interdisciplinar. E como objetivos específicos: analisar e discutir as aplicações dos conceitos de luminescência e incandescência nas áreas de Física e Biologia, a partir do estudo bibliográfico; compreender a estrutura atômica com base no conceito de luminescência; e discutir a interdisciplinaridade no Ensino de Física.

Considera-se que, dentre as diferenças inerentes aos fenômenos citados, a principal delas é a presença de calor, o que faz ser possível uma análise termodinâmica das características e reações ocorridas. Dessa forma, mostra-se que um dos conceitos químicos, incandescência, encontra relações lógicas para um estudo mais abrangente na Física, e isso é o que se pretende analisar e compreender no estudo em questão.

A fluorescência e fosforescência encontradas em alguns fenômenos luminescentes ocorrem por meio da absorção e emissão de fótons, em alguns casos, e por reações químicas, em outros casos. No primeiro caso, um estudo da estrutura atômica, com base nos conceitos de Física e Química acerca de radiação eletromagnética, níveis energéticos e camadas eletrônicas é suficiente para esclarecer o conceito de uma forma mais ampla, fazendo uso assim da interdisciplinaridade.

O segundo caso, todavia, é um tanto peculiar, pois a produção de luz por meio de reações químicas em estruturas biológicas, como é o caso do vagalume e das águas-vivas, por exemplo, requer uma interação entre a Química para a explicação dos reagentes envolvidos na produção da coloração e iluminação, e a Biologia, para o esclarecimento do que ocorre no sistema biológico da espécie para assim provocar a iluminação visualizada externamente e, ainda, a composição da membrana que envolve a substancia e que permite a passagem da luz para o mundo exterior.

É importante destacar que o objetivo da pesquisa, por mais que seja necessária a abordagem técnica e científica por trás de cada conceito, a fim de esclarecer o máximo possível as relações feitas e dar sentido à discussão, é demonstrar que há a possibilidade de se trabalhar a interdisciplinaridade no Ensino Médio, mesmo com conceitos que possam parecer, à princípio, desconexos. Dessa forma, a discussão aqui atenta-se para o caráter pedagógico da problemática, com fundamentos científicos das diversas áreas envolvidas.

Dada a insuficiência escolar e falta de contextualização nas aulas, sobretudo àquelas de componentes curriculares pertencentes à área de Ciências da Natureza, o que proporciona um déficit no nível de aprendizado dos discentes nestas componentes; justifica-se de forma relevante e emergente a efetivação de pesquisas que discutem a interdisciplinaridade voltada a área de Ciências da Natureza, como uma forma lógica de buscar meios racionais para lidar com as deficiências educacionais presenciadas hodiernamente e que impactam toda a sociedade contemporânea.

Desse modo, visando seguir uma estrutura ordenada e lógica, a pesquisa em questão está organizada da forma que se segue: na introdução apresenta-se, de forma bastante sintetizada, o objeto de estudo da pesquisa (luminescência, incandescência e interdisciplinaridade), assim como o contexto da problemática e objetivos (geral e específicos), linha de raciocínio seguida e esclarecimentos de relevância da pesquisa para a sociedade, educação e ciência.

No segundo capítulo (marco teórico), encontra-se toda a fundamentação utilizada para corroborar e fundamentar o pensamento da autora na da construção de hipóteses para a problemática. Autores que discutem fenômenos luminosos de forma ampla como Serra *et al.* (2015); de forma específica voltada para a biologia e química, como Martins *et al.* (2015) e Bechara e Viviani (2015); de forma específica voltada para a Física, como Young e Freedman (2016); e, ainda, autores que discutem a educação interdisciplinar de maneira geral, como Leis (2005) e Pombo (2005) são encontrados no capítulo mencionado.

No terceiro capítulo (marco metodológico), descreve-se o percurso metodológico utilizado para a efetivação da pesquisa, de modo que seja embasado na ciência. Nele, encontra-se a caracterização da pesquisa, os instrumentos utilizados para a coleta de dados e métodos e técnicas de análise desses dados,

ditados por autores relevantes que discutem a pesquisa, como Gil (2017) e Marconi e Lakatos (2003), por exemplo.

No quarto capítulo (marco analítico), são elencadas as interpretações dos dados obtidos no capítulo anterior, tal como as hipóteses levantadas para a problemática e que guiam a pesquisa ao alcance dos objetivos levantados.

Por último, as considerações finais relatam de forma geral os pontos mais importantes da pesquisa efetivada e, ainda, se os objetivos estabelecidos puderam ser atingidos, bem como as reflexões acerca da relevância da pesquisa para a pesquisadora e o exercício da sua profissão futura.

2. MARCO TEÓRICO

Neste tópico é discorrida toda a teoria examinada com o propósito de dar embasamento científico na discussão acerca da problemática levantada. Deste modo, apresenta-se, aqui, o pensamento de referenciais teóricos nas áreas de Física, Química, Biologia e Educação, como Young e Freedman (2016), Bechara e Viviani (2015), Martins et al. (2015) e Pombo (2005), respectivamente.

Dentre todos os autores consultados, os quais somaram quarenta e cinco teóricos das diversas áreas supracitadas, foram selecionados, juntamente com os teóricos da metodologia da pesquisa científica, vinte e oito, ou seja, aqueles cuja linha de raciocínio adequavam-se à proposta seguida para o estudo em questão, uma vez que a problemática requer especificidade de discussão e análise. Todos os autores relevantes para a pesquisa em questão, são trabalhados abaixo.

2.1. Luminescência e Incandescência: conceitos e classificações

Os fenômenos luminosos muito se assemelham, de modo que os diferenciar entre si é relativamente difícil. Por isso, é pertinente um momento conceitual para os fenômenos luminosos aqui trabalhados, que são eles: Luminescência e seus derivados, e incandescência e seus derivados.

Vale ressaltar que os fenômenos luminosos estão associados à emissão de luz por parte de um material específico e, por isso, tratar-se-á mais frequentemente destes como “materiais incandescentes ou luminescentes”, ao invés de apenas a sua forma infinitiva “incandescência e luminescência”, apesar de ambas as nomenclaturas representarem bem os fenômenos discutidos.

A linha prática que relaciona os dois fenômenos é tênue o bastante para, visualmente, serem confundidos um com o outro, mas pode ser diferenciada com nitidez através de uma conceituação teórica de ambos. Segundo Serra *et al.* (2015, p. 246), em seu artigo “A luz e as Terras Raras”, “materiais incandescentes são aqueles que emitem radiação quando são aquecidos. [E] […] materiais

luminescentes emitem luz na região visível como resultado de transições eletrônicas […]” (grifo nosso).

Vale ressaltar que a conceituação acima apresentada diferencia os dois fenômenos de acordo com o modo de excitação, ou seja, de acordo com o agente externo que provoca a emissão de luz. Entretanto, é necessário esclarecer que em ambos os casos há um processo de absorção de energia que antecede a luz visualizada no ápice do fenômeno, para, posteriormente, ocorrer o processo de emissão de energia, a qual varia de acordo com o caso.

Para a luminescência, há uma absorção de energia eletromagnética, ou outra forma de energia radiativa seja ela fótons, radiação química, etc., e emissão de uma onda eletromagnética; no caso da incandescência, há uma absorção exclusiva de energia térmica, por uma fonte qualquer de calor, e emissão de uma onda eletromagnética, seja ela em qualquer faixa do espectro.

De acordo com o discorrido até aqui, torna-se possível afirmar, sinteticamente, que uma forma válida de diferenciar a luminescência da incandescência é dizer que o primeiro ocorre por absorção de uma energia qualquer exceto energia térmica, enquanto no segundo apenas a energia térmica pode ser o seu propiciador.

A intensidade da iluminação provocada por luminescência e por incandescência está associada às propriedades físicas do material cuja radiação foi absorvida para a emissão de luz. No caso da incandescência, cada material possui uma resistência a temperaturas elevadas antes de brilhar fortemente e chegar ao seu ponto de fusão; por exemplo, as lâmpadas incandescentes possuem um filamento de tungstênio [material luminescente] que pode ser aquecido por estimulação elétrica à aproximadamente 2500 ºC e, assim, emitir luz (SERRA *et al.,* 2015).

A luminescência, por outro lado, está relacionada à estrutura atômica de cada material, a qual possui a capacidade de variadamente receber certos pacotes de energia [a qual é esclarecida pela teoria quântica e que, por fugir da proposta, não será explanada aqui], com quantidade específica mínima necessária para excitar um elétron, ou seja, fazê-lo subir uma camada, absorvendo esse pacote de energia e, posteriormente, retroceder à sua camada e irradiar essa quantia de energia novamente. Cada material possui essa quantidade mínima necessária diferente.

Essa relação entre as propriedades do material e a quantidade de luz emitida e/ou absorvida pode ser feita pela lei de Beer-Lambert. Segundo esta lei, a luz absorvida é a diferença entre a radiação incidente e a transmitida, cujo cálculo são relações entre as propriedades do material e a luz absorvida, como mostrado abaixo:

$$A = \alpha \iota c \quad / \quad A = -\log \frac{I}{I_0} \quad / \quad T = \frac{I}{I_0}$$

Sendo que A = absorvência, I_0 = Radiação incidente, I = Radiação inicial, ι = Distância percorrida pela luz a fim de atravessar o corpo, α = Absortividade molar e c = Concentração da substância (SERRA *et al.,* 2015).

Como pode ser notado, o caso de materiais luminescentes é um tanto mais complexo que o caso de materiais incandescentes e, por esse motivo, eles podem ser subdivididos em fluorescentes e fosforescentes. Conceitualmente, “denomina-se fluorescência ao processo de emissão envolvendo estados eletrônicos de mesma multiplicidade de spins e de fosforescência o que envolve estados de multiplicidades de spins diferentes” (ATVARS; MARTELLI, 2002, p. 4).

Para compreender a conceituação apresentada, é pertinente abrir uma pequena discussão acerca da Regra de Hund, também conhecida como Princípio da Máxima Multiplicidade. Segundo esse princípio, quanto mais elétrons com spins paralelos houverem num determinado orbital, menor será a energia nesse orbital e vice-versa (OLIVEIRA, e*t al.* 2013). Compreender a regra requer a discussão de mais conceitos e propriedades a ela associados, no entanto, a definição mais substancial é suficiente para entender a diferença entre a fosforescência e a fluorescência.

De um modo geral, na fosforescência a energia absorvida que leva o elétron à excitação é lentamente irradiada em forma de luz, até que este retorne ao seu estado fundamental, podendo durar entre milissegundos e até dias, por causa dos fatores descritos no Princípio da Máxima Multiplicidade. No caso da fluorescência, essa irradiação da energia absorvida ocorre instantaneamente, ou seja, no momento imediato em que sessa a absorção de energia, o elétron retorna ao seu estado fundamental.

Dizer que um elétron retornou ao seu estado fundamental significa dizer que este esteve excitado por um intervalo de tempo t, e decaiu novamente para a sua órbita natural. Os conceitos de excitação, ionização do elétron podem ser melhores

compreendidos com a afirmação de Okuno (1998), ao dizer que estes são comumente confundidos pois a diferença é bastante sutil entre os dois.

Segundo o mesmo autor (OKUNO, 1998), não se deve confundir excitação com ionização, uma vez que no segundo caso há a incidência de uma radiação no elétron capaz de fazê-lo ser removido do átomo, o que não ocorre no primeiro caso, onde há apenas uma elevação interna do nível energético desse elétron, passando do seu orbital padrão ou base (nível fundamental), para um orbital de maior energia (estado excitado).

A interação das diferentes radiações que circundam pela natureza com um material luminescente transfere energia para os elétrons que o compõe e, como visto, variavelmente dependendo do material e da quantidade de radiação incidida, faz com que o elétron se excite e, ao retornar ao seu estado fundamental, irradia em forma de luz a energia anteriormente a ele cedida. Como discutido, o tempo que o elétron leva para retornar do estado excitado para o seu estado fundamental determina se este material é fluorescente ou fosforescente.

Sabe-se que a luminescência é um fenômeno luminoso gerado por uma fonte fria, enquanto que a incandescência é o seu oposto, ou seja, gerado por uma fonte quente. A temperatura da fonte de energia é uma forma de classificar os fenômenos luminosos, como visto; no entanto, há outras formas de diferenciá-las, seguindo outras características, como o tipo da fonte de energia, por exemplo, e que leva a uma segmentação luminosa, por assim dizer, além das já discutidas, fluorescência e fosforescência.

A luminescência, por motivos da vasta extensão das fontes frias de energia, possui subclassificações, como as duas citadas acima. Para confirmar essa afirmação, Vaz (2013) diz que “os vários tipos de luminescência são caracterizados em função da fonte de energia empregada para se obter o estado excitado” (p. 7) que, em função do seu decaimento, resultará na iluminação correspondente. Santos e Santos (1992) dizem, ainda, que “a luminescência, a depender das formas de excitação, está subdividida em: quimioluminescência (QL), bioluminescência (BL), termoluminescência, eletroluminescência e fotoluminescência (fluorescência e fosforescência)” (p. 200).

Quando a incidência de luz é a responsável pela excitação do elétron de determinado material, ou, de outra forma, quando o material é sensível à radiação luminosa (eletromagnética), este é classificado como material fotoluminescente ou,

simplesmente, fotoluminescência. Vale ressaltar que, geralmente, a fotoluminescência é considerada, também, fluorescência, tendo em vista que esta também tem a radiação eletromagnética como fonte de energia.

Conceitualmente, a fotoluminescência pode ser definida, de acordo com Guidelli (2015, p. 9), como …

> […] a excitação de um elétron em um defeito cristalino do material através da absorção da luz para um estado excitado dentro do próprio defeito, seguida pela emissão de luz durante o processo de relaxação para o estado fundamental. Assim não há ionização e aprisionamento do elétron em armadilhas. Como consequência, a energia da luz emitida é menor do que a energia da luz incidente.

Assim, pode-se notar que a absorção de radiação eletromagnética é o principal estimulador para ocorrer a emissão de luz, num fenômeno fotoluminescente. Vale ressaltar que, por ser gerado por uma fonte fria (radiação eletromagnética), a fotoluminescência se encaixa nos fenômenos luminescentes.

Seguindo o critério de distinção, os fenômenos luminosos podem, ainda, serem subclassificados como quimioluminescentes – alguns autores utilizam a nomenclatura quimiluminescência. Segundo Leite e Fatibello-Filho (2004), a quimioluminescência é um tipo de luminescência onde a energia responsável pela excitação eletrônica é provocada por meio de uma reação química qualquer, sendo efetivada no momento da quebra de ligações superenergéticas, podendo ser ativadas química ou enzimaticamente.

Para esclarecer minuciosamente a reação química que ocorre para formar uma reação de quimioluminescência, toma-se a explicação de Moraes, Toth e Rangel (2005) *apud* Vaz (2013). Segundo os autores, esse tipo de reação …

> […] geralmente ocorre por uma variação de um dos mecanismos […], na qual um reagente sofre uma reação química para formar um produto em um estado excitado. Esse produto excitado pode perder energia por emissão de radiação (quimioluminescência direta) ou por transferência de energia para um fluoróforo que posteriormente, pode emitir radiação (quimioluminescência indireta). Em alguns casos, as partículas excitadas são os produtos de uma reação entre um analito e um reagente adequado, geralmente um oxidante forte como ozônio ou peróxido de hidrogênio. Em outros casos, o analito pode desempenhar o papel de reagente, catalisador, supressor, ou até mesmo potencializar a reação quimioluminescente (p. 7; grifo nosso).

Como explicado pelos autores acima citados, agentes químicos que reagem entre si, cujas propriedades de ambos são altamente energéticas, podem ser os responsáveis pela reação de quimioluminescência, uma vez que os mecanismos dos

reagentes podem sofrer reações químicas e formar estados excitados. Os autores mostram também que a quimioluminescência pode ocorrer de duas maneiras: direta e/ou indireta; sendo um caso por perca de energia e outro por transferência de energia, como esclarecido anteriormente.

A bioluminescência, por outro lado, pode ser definida, segundo com Santos e Santos (1992) da seguinte forma: "[…] emissão luminosa decorrente de reações catalisadas por enzimas com alto ϕ_{QL} [Rendimento Quântico] […] Em geral, a reação envolve oxigênio, um substrato (luciferina) e uma enzima (luciferase)" (p. 203). De acordo com Oliveira *et al.* (2013), todo sistema bioluminescente já estudado possui o oxigênio como condição *sine qua non* (ou seja, indispensável/determinante), para que ocorra a reação de bioluminescência.

Deste modo, pode-se sintetizar a quimioluminescência e a bioluminescência de uma forma simples. Sempre que a fonte de energia seja obtida por meio de reações químicas e/ou enzimáticas, tem-se o primeiro caso; se esta reação ocorrer em um organismo vivo, como o vagalume ou a água-viva, por exemplo tem-se o segundo caso. Assim, é possível dizer que a bioluminescência é um caso especial de quimioluminescência.

Acredita-se que o exposto acima seja suficiente para uma compreensão da proposta aqui apresentada, acerca dos fenômenos luminosos e as suas características, de modo a entender parte das relações que se almeja efetivar.

2.2. Relação Lógica Entre Componentes Curriculares

A relação entre as componentes curriculares de uma mesma área é tênue, todavia, se devidamente explorada, pode revelar grandes contribuições internas para a compreensão mais abrangente entre os conceitos e fenômenos naturais. Na área de Ciências da Natureza não é diferente, de modo que as componentes curriculares que a formam possuem conceitos que necessitam de conhecimentos alojados em outras componentes para potencializar a compreensão do fenômeno.

É na aplicação prática de determinado conceito teórico, mesmo que por experimentos mentais, que as relações lógicas entre componentes curriculares ficam nítidas. Desse modo, de acordo com as discussões acima realizadas pode-se notar que os fenômenos luminosos, quando aplicados na prática, podem encontrar

relações lógicas entre áreas afins do conhecimento e que facilitam a compreensão do fenômeno, por parte do estudioso, e, ainda, facilitar a transmissão, no caso da prática docente.

Quando se fala em fenômenos luminosos na natureza, uma gama de indagações é levantada, sobretudo voltadas para uma iluminação natural e que não é proporcionada pelo fogo. A chamada de luz fria pode ser encontrada na natureza nas mais variadas formas e nos mais diversos organismos e/ou fenômenos, desde pequenos animais e insetos, até pedras e artefatos luminescentes, compostos por alguns elementos químicos peculiares da tabela periódica.

Pode-se dizer que os fenômenos luminosos acima discutidos (incandescência e luminescência) são de interesse da Química, logo por ela estudados, sobretudo a luminescência, por envolver estados eletrônicos explicados pela química nos seus estudos envolvendo a estrutura atômica ou, ainda, por reações com elementos amplamente discutidos na área em questão (OLIVEIRA; JÚNIOR; SCHLUNZEN, 2013).

No entanto, como dito, as variações e subclassificações, em sua aplicação prática na natureza, podem e são estudadas e, por vezes, melhor esclarecidas por outras áreas, como a Física e a Biologia, por exemplo. De acordo com os autores Bechara e Viviani (2015), …

> Verifica-se crescente interesse e progresso na investigação da biologia e bases moleculares da bioluminescência de organismos terrestres e marinhos, enquanto ciência fundamental e aplicada, no desenvolvimento de sondas, sensores, marcadores e mesmo fontes alternativas de luz (p. 34).

Dessa forma, é perceptível, de acordo com a contribuição dos autores acima, que o estudo dos fenômenos luminosos por outras áreas como a Biologia é pertinente não apenas para esclarecer o evento, mas principalmente, pra contribuir com o avanço tecnológico e cientifico, através do desenvolvimento de mecanismos úteis como sensores e sondas, por exemplo.

Os mesmos autores, em seu artigo “luzes vivas na escuridão”, mostram ainda, as contribuições pertinentes que outras componentes das Ciências da Natureza fazem ao estudarem os fenômenos luminosos, sobretudo a bioluminescência e a quimioluminescência. Segundo eles, …

> Cálculos termodinâmicos muito simples indicam que a entalpia da reação de termólise de dioxetanos localiza-se acima de 100 kcal/mol, portanto suficiente para excitar os elétrons de uma das moléculas-produto (<<100

> kcal/mol) e gerar luz visível por Desativação ao estado fundamental, um fenômeno conhecido genericamente como quimioluminescência (BECHARA; VIVIANI, 2015, p. 14).

Ao analisar a informação acima descrita, pode-se perceber que há uma contribuição mista, ou seja, duas áreas se envolvem para melhor explicar o fenômeno ocorrido. O que se propõe aqui é justamente isso, buscar unir áreas afins do conhecimento para melhor esclarecer os fenômenos luminosos, como feito no caso acima.

Os cálculos termodinâmicos são intermediados pela Física, buscando analisar a presença de calor e como ele atua no corpo em questão. Entretanto, este cálculo buscou identificar e esclarecer a entalpia de uma reação química, ou seja, a Física atuou colaborando com o estudo químico do fenômeno luminoso, gerando assim uma interdisciplinaridade ou, ainda, uma relação lógica entre componentes curriculares.

A bioluminescência, de acordo com Viviani e Bechara (2008), em seu artigo “Um Prêmio Nobel por uma Proteína Brilhante”, tem como principal função a comunicação biológica, ou seja, é o meio de comunicação de algumas espécies de organismos vivos. Apesar de possui uma biodiversidade considerável que vive no ar e na terra, como pequenos insetos, o principal habitat de ocorrências é no ambiente marinho, com espécies que perpassam entre as categorias de bactérias reluzentes, algas, celenterados e algumas poucas espécies de peixes especiais brilhantes.

Como discutido anteriormente, esse tipo de luminescência ocorre por meio de uma reação química exotérmica em organismos vivos, produzindo luciferina que é liberada em forma de luz visível. De acordo com os autores Viviani e Bechara (2008, p. 24), essa reação química ocorre da seguinte forma:

Luciferina + O2+ Luciferase →
[Luciferase-oxiluciferina]* + CO2 [Luciferase-Oxiluciferina]* + GFP →
[GFP] [GFP]* → GFP + Luz verde

Nesse caso, a reação Luciferase-Oxiluciferina ocorre originando a luz verde, pois essa é a reação da água-viva do gênero *Aequorea*, a qual emite uma luz visível na coloração verde, quando ameaçada. O estudo desse fenômeno nessa espécie de animal marinho, segundo os autores, por meio da bioquímica, o que mostra uma relação entre duas áreas do conhecimento (biologia e química) a fim de compreender a natureza que o cerca.

A estrutura chamada de GFP na reação química acima descrita, recebe esse nome pois é a abreviação em inglês para *proteína* fluorescente *verde,* e pode ser definida, pela biologia, como uma macromolécula que produz uma luz fluorescente verde após ser irradiada por luz azul (VIVIANI; BECHARA, 2008).

Apesar de, sinteticamente, a bioluminescência ser considerada a quimioluminescência ocorrida em seres vivos, alguns autores e pesquisadores das áreas de biologia e de química consideram apenas a quimioluminescência, visando não estender a gama de possibilidades de subdivisões, tornando complexo o que pode ser simplificado.

Para a autora europeia Emma Welsh (2008), em seu artigo “o que é quimioluminescência”, define quimioluminescência como sendo um tipo de luminescência em que os elétrons são excitados por meio de uma reação química, como a reação do *luminol*, por exemplo. Para compreender como funciona a excitação eletrônica, é necessária uma análise da estrutura atômica no momento da excitação do elétron, provocada por uma reação química, como mostra a imagem abaixo.

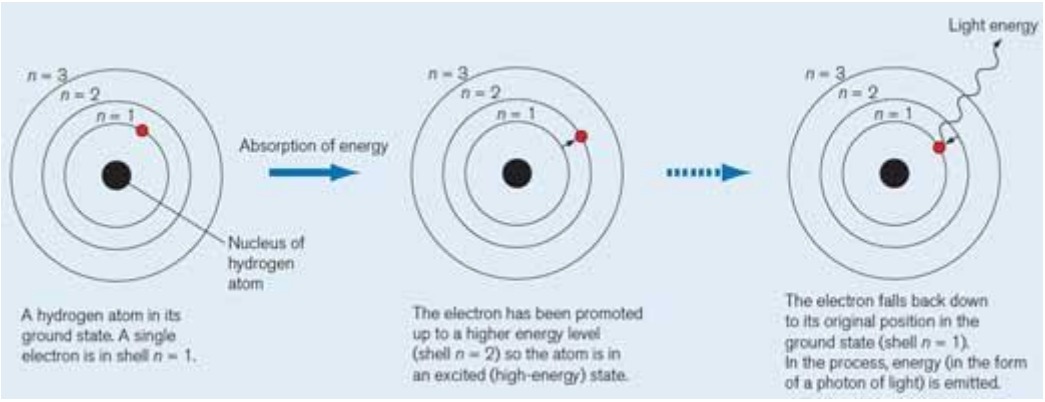


Figura 1. Movimento do elétron em estados excitados.
Fonte: Welsh, 2008.

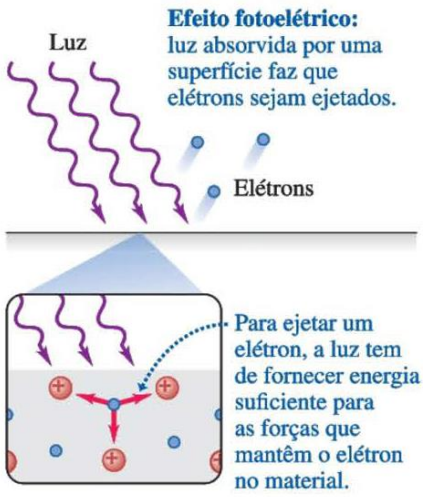
Na figura acima, pode-se ver o deslocamento de elétrons num átomo de hidrogênio. Um elétron no nível n = 1, representado na estrutura da esquerda, e na estrutura central o elétron está no nível n = 2. É relevante ressaltar que cada nível ou camada possui uma energia determinada e o elétron necessita atingir essa energia mínima para poder excitar-se até essa camada, e essa energia é absorvida por um *quantum* que nele incide (WELSH, 2008).

Na figura 1, na terceira estrutura representada na direita, mostra o momento em que há a irradiação da energia que o elétron absorveu do *quantum* incidente.

Este é o momento em que o elétron retorna para o seu nível inicial, que recebe o nome de nível fundamental, e emite um fóton de luz, como mostrado na figura. É nesse estágio que ocorre a luminescência visível externamente ao corpo, seja ele um ser biológico ou não.

A Química lida com a excitação eletrônica por meio de reações químicas, como no caso reação com a luciferina, apresentada anteriormente. A Física, por sua vez, em seus estudos, mostrou a excitação de elétrons por meio de um fenômeno que chamou de efeito fotoelétrico.

De acordo com os autores Young e Freedman (2016), no efeito fotoelétrico um material libera elétrons da própria superfície quando recebe luz. Esse elétron, no entanto, para desprender-se, necessita ter absorvido da luz incidente energia suficiente que supere a atração do material que o mantem preso, ou seja, a barreira de energia potencial. Em síntese, a luz chuta o elétron, o desprendendo do material,



como ilustrado na figura 2, abaixo:

Figura 2: ilustração do efeito fotoelétrico.
Fonte: Young e Freedman (2016, p. 203).

Nesse caso, pode-se dizer que o material, enquanto estiver em efeito fotoelétrico, pode ser denominado como fluorescente, uma vez que interrompendo a incidência de luz sobre o material, imediatamente o efeito fotoelétrico deixa de ocorrer, exatamente como o material fluorescente deixa de emitir luz quando se é interrompida a fonte de energia que excita o elétron.

A incandescência pode, por outro lado, ser visualizada, assim como a luminescência, através do movimento de elétrons, como é o caso das lâmpadas incandescentes. Nessas lâmpadas, um pequeno filamento feito de tungstênio é

percorrido por uma corrente elétrica, ou seja, elétrons livres transitam pelo material, gerando uma corrente alta o bastante para aquecer o filamento e gerar luz por meio da energia térmica (HALLIDAY; RESNICK, 2016).

Como não é a eletricidade propriamente que gera a luz, mas o calor produzido pela corrente elétrica, a eficiência dessas lâmpadas é baixa, uma vez que é desperdiçada muita energia nas conversões, deixando uma baixa porcentagem para a iluminação, no fim. De acordo com Young e Freedman (2016), “as lâmpadas fluorescentes são mais eficientes que as incandescentes na conversão de energia elétrica em luz visível, pois não desperdiçam tanta energia produzindo fótons infravermelhos (invisíveis)” (p. 247).

A produção de fótons infravermelhos que os autores citam acima, se refere à energia térmica produzida para gerar luz, o que não acontece no caso das lâmpadas fluorescentes, pois usam a energia elétrica para produzir luz fria, ou seja, não há desperdícios na conversão de energias, já que a luz é produzida por meio da transição de estados eletrônicos.

De acordo com Rey (1970), o movimento de cargas elétricas produz luz incandescente, uma vez que cargas em movimento produzem agitação de partículas de ar e, assim, convertem a energia cinética em energia térmica, gerando, então, luz visível. A nomenclatura carga elétrica, que os autores mencionam, nada mais é que elétrons livres.

Deste modo, é possível considerar, de acordo com toda a discussão acima realizada, que há conceitos cuja aplicação prática transcende a sua área de estudo, e pode ser útil para complementar e esclarecer fenômenos estudados por outras áreas afins, como é o caso da estrutura atômica ou da bioluminescência, por exemplo. Sabendo disso, explica-se a necessidade de recorrer a outras componentes para esclarecer ou facilitar a compreensão de determinados assuntos difíceis apenas por meio dos conceitos empregados pela sua área de estudo, tanto para o pesquisador, quanto para o docente.

2.3. As concepções de Interdisciplinaridade no Ensino

As diversas formas com que o aprendizado chega à sociedade representa, também, a forma como a sociedade lida com as adversidades e problemáticas do

cotidiano. Uma das mais recorrentes problemáticas que interferem o processo de ensino-aprendizagem na área de Ciências da Natureza é a repetição de metodologias obsoletas, como a transmissão pura de informações e respostas, comuns ao tradicionalismo, e a falta de interdisciplinaridade, que reduz a aprendizagem docente a uma única perspectiva.

É importante destacar que as problemáticas enfrentadas pela educação em grande parte provém da insuficiência da formação docente, em capacitá-lo para o exercício de uma profissão plena, que esteja banhado por conhecimentos que abrangem a totalidade da ciência, e que possa proporcioná-lo uma experiência rica, necessária para lecionar de modo interdisciplinar e abrangente.

Edgar Morin, em sua obra “a cabeça bem feita”, retrata esse cenário, infelizmente cada vez mais comum na sociedade, sobretudo a brasileira. Segundo o autor, …

> O saber tornou-se cada vez mais esotérico (acessível somente aos especialistas) e anônimo (quantitativo e formalizado). O conhecimento técnico está igualmente reservado aos experts, cuja competência em um campo restrito é acompanhada de incompetência quando este campo é perturbado por influências externas ou modificado por um novo acontecimento (MORIN, 2003; p. 19).

O autor critica o saber especialista, que forma *experts,* como citado pelo mesmo acima, indivíduos dotados de competência exuberante em sua área de formação, mas incapazes de enxergar além dela, ou seja, não conseguem lidar com o que é interdisciplinar.

Por isso, mostra-se necessário um ensino interdisciplinar, para evitar que os especialistas, como denomina o autor, preencham o mundo com o saber vertical e desprovido de contato com a realidade ampla. Sobre isso, de acordo com Guerra *et al.* (1998), …

> Vivemos numa sociedade tecno-científica onde a Ciência ocupa um papel de destaque enquanto discurso legitimador para outras formas de conhecimento, bem como funciona como discurso de poder dos especialistas que falam em nome da Ciência. Nesse sentido devemos implantar uma prática interdisciplinar a partir da compreensão dos processos de construção do conhecimento científico que, guardadas as suas especificidades, é o mesmo de qualquer outra forma de conhecimento (p. 35).

Desse modo, os autores acima concordam com o pensamento de Morin, pois para eles a prática interdisciplinar é um meio eficaz para resolver problemas provocados pela visão especializada em apenas uma área do conhecimento.

A prática docente, sobretudo o Ensino de Física, carece de especial atenção no que se refere à reunião de saberes diversos, saberes que se relacionam entre si, mas que pertencem a distintas áreas do conhecimento. O grande déficit no Ensino de Física está na insuficiência de se lecionar física apenas com as relações que a própria componente propõe, sem vez alguma interligar teorias com práticas, cotidiano com sociedade contemporânea, ciência com o mundo que a cerca.

O sucesso na prática docente, segundo Tardif (2004) não pode acontecer através de um ou outro saber docente, mas por meio da reunião de “um amálgama de diferentes saberes, provenientes de fontes diversas, que são construídos, relacionados e mobilizados pelos professores de acordo com as exigências de sua atividade profissional” (CARDOSO; DEL PINO; DORNELES, 2012; p. 4). Os autores se referem justamente ao que vem sendo discutido acima: a necessidade de se relacionar áreas afins, como um modo racional de explanar o conteúdo, criando assim uma visão horizontal dos fenômenos estudados.

A dificuldade docente de construir junto com o alunado os conhecimentos mais amplos, com a participação de conceitos abrangentes, o faz transmitir uma perspectiva excludente, guiada apenas por uma linha de pensamento, segmentada em uma área, o que forma no discente, competências especializadas, o que, como dito por Morin (2003), o impede de pensar a realidade em sua totalidade de situações e possibilidades.

De acordo com Masetto (1997), em sua obra “Didática: a aula como centro”, “a aprendizagem trata-se de um processo que permita ao aluno […] transferir o que aprendeu na escola para outras circunstâncias e situações da vida” (p. 46). Dessa forma, o modo como ele vivencia suas experiências em sala de aula, carrega muito das perspectivas de mundo que ele constrói; logo, adquirir uma visão estável e única do conhecimento, vivenciada por partes especializadas e aplicadas apenas em setores específicos da ciência limita a sua atuação social na posterioridade.

Para falar da interdisciplinaridade, conceito cuja relevância para a pesquisa em questão é majoritária, é necessário abrir uma discussão acerca de outros conceitos pertinentes para uma compreensão ampla do mesmo; o que reafirma o conceito de interdisciplinaridade, que perpassa pela necessidade de se relacionar saberes a fim de potencializar o conhecimento de determinado saber.

A interdisciplinaridade é uma característica presente em um grupo disciplinar, entre outras três igualmente relevantes para o processo de ensino e que devem ser

exploradas ao longo da jornada pedagógica discente e docente. De acordo com Pombo (2005), os termos pluridisciplinaridade, multidisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade são próximos e buscam romper o caráter estanque e único das disciplinas.

Para se aprofundar um pouco mais nos conceitos apresentados, tomar-se-á a definição destes dada por Nicolescu (1999, p. 2). Segundo ele, …

> A pluridisciplinaridade diz respeito ao estudo de um objeto de uma mesma e única disciplina por várias disciplinas ao mesmo tempo. […] A interdisciplinaridade tem uma ambição diferente daquela da pluridisciplinaridade. Ela diz respeito à transferência de métodos de uma disciplina para outra. […] A transdisciplinaridade, como o prefixo “trans” indica, diz respeito àquilo que está ao mesmo tempo entre as disciplinas, através das diferentes disciplinas e além de qualquer disciplina […].

O autor não conceitua a multidisciplinaridade pois considera esta como similar à pluridisciplinaridade. Os conceitos acima definidos tratam-se de condições múltiplas e colaborativas da aprendizagem, onde a ciência se mostra coerente em toda a sua abrangência, de modo que se torna possível fazer relações entre as áreas, seguindo critérios distintos, como os que caracterizam cada uma das modalidades das relações disciplinares (entre as componentes curriculares).

A fim de exemplificar a pluridisciplinaridade, tomar-se-á o átomo, uma vez que este pode ser, e é, estudado a partir da ótica da Física, da Química, da Bioquímica, etc., no entanto, com interesses próprios a cada uma das áreas. Caso esse átomo seja tomado por uma dessas áreas, a fim adequar a forma de tratamento do átomo de uma outra nesta, então o átomo é objeto de interdisciplinaridade, visto que ele está sendo usado em uma área, sob as perspectivas de outra, a fim de potencializar o conhecimento desta.

De igual modo, o meio ambiente, a vivência em sociedade, fatores que ameaçam a existência do homem, são objetos de estudo que transcendem uma ou outra área, tendo em vista que todo e qualquer estudo pode ser feito visando estes mesmos fins. Desse modo, tais estudos são transdisciplinares, pois estão entre disciplinas e além delas, como dito pelo autor.

De acordo com a breve discussão levantada acima, é possível perceber que o conhecimento científico é construído em consonância com os demais conhecimentos adversos, já construídos. A ciência não se contradiz e não pode se contradizer, uma vez que as descobertas de uma área são relevantes para o esclarecimento de descobertas recentes em outra.

No decorrer da história do conhecimento e da educação formal, o conceito de interdisciplinaridade, parte fundamental do objeto de estudo da pesquisa em questão, sofreu variações de acordo com a região e o modo como este era empregado. De acordo com Leis (2005, p. 7), …

> Na França, a tradição da interdisciplinaridade deriva do Renascimento e do Iluminismo, surge da luta contra o obscurantismo. Esta interdisciplinaridade possui um caráter reflexivo e crítico que pode estar orientado para a unificação do saber científico ou também para um trabalho de reflexão epistemológico sobre os saberes disciplinares. Já nos Estados Unidos, o recurso à interdisciplinaridade parte de uma lógica instrumental, claramente oposta à francesa. Antes que uma oposição cientifica, a opção americana reflete uma oposição cultural. Na concepção americana, a emancipação humana não está relacionada diretamente com os conhecimentos, mas com a capacidade de agir sobre o mundo.

Como pode ser visto, a visão americana é um tanto discrepante das demais, com um olhar mais voltado para a humanização por meio da educação interdisciplinar. A França e os Estados Unidos, no entanto, apesar de serem opostas, partem de princípios filosóficos básicos pregados politicamente em cada país, de modo que o obscurantismo foi o estopim na França, e nos Estados Unidos o Instrumentalismo.

A proposta que aqui se faz em torno da interdisciplinaridade, como um modo de relacionar os saberes distintos a fim de desenvolver visões horizontais sobre uma problemática exclusiva de uma componente específica, mais se assemelha à visão de interdisciplinaridade pregada pela França, com abstenção das correntes renascentistas e obscurantistas.

É importante observar que para que o trabalho interdisciplinar ocorra de modo contemplativo, faz-se necessário que haja uma previa organização das políticas de educação e um preparo docente para o pleno exercício da sua profissão. Deste modo, é pertinente abrir uma discussão acerca de temas importantes e que acompanham a discussão acerca da educação, de modo intrínseco, como didática, planejamento e processo de ensino-aprendizagem.

A Didática pode ser entendida, de acordo com Libâneo (2013), como uma "[…] mediação entre as bases teórico-científicas da educação escolar e a prática docente. Ela opera como que uma ponte entre o 'o que' e o 'como' do processo pedagógico escolar" (p. 27). Autores como Masetto (1997), por exemplo, consideram a didática, ainda, como "[…] uma reflexão sistemática que acontece na escola e na

aula. É o estudo do processo de ensino-aprendizagem em sala de aula e de seus resultados" (p.13).

O processo de ensino-aprendizagem necessita estar munido de uma relação dialógica entre professor, aluno, conteúdo e realidade. Esta relação implica, indiretamente, em haver interdisciplinaridade, pois o conteúdo, enquanto teoria de estudo, pertence a uma área da ciência, mas quando este é aplicado na prática, para interpretar a realidade, necessita-se que seja criada relações entre as diversas áreas e a sociedade.

Sendo, então, a didática, o principal meio de construção dessas relações educacionais, científicas e técnicas, encontra-se a relevância de se compreendê-la, para discutir a interdisciplinaridade o Ensino de Física, área privilegiada pelo estudo em questão. De acordo com Masetto (1997), uma vez que o aluno percebe que pode estudar nas aulas, a sala de aula passa a ser peculiarmente interessante a ele.

A afirmação que o autor acima faz, descreve o modo de funcionamento de centros educacionais onde não há a presença da interdisciplinaridade, onde não é feito relações lógicas entre as disciplinas, e o conteúdo e ministrado de forma rasa e guiado apenas por uma visão, estreita e especializada. Isso torna a aula desfocada, desinteressante para o aluno, que não consegue fazer relações entre o que aprende e a sua vida pessoal e/ou profissional.

O Ensino de Física, há muito tempo tem sofrido com o problema da exclusividade de visão. De acordo com Libâneo (1995), o ensino não existe em si mesmo, mas nas suas relações com a aprendizagem; e de igual modo, uma área não existe por si mesma, mas em suas relações com o conhecimento adquirido e as outras áreas necessárias à descoberta feita.

O tradicionalismo no Ensino de Física é um dos maiores empecilhos para a evolução do processo de ensino-aprendizagem, tendo em vista que nesse modelo de ensino, há uma pura transcrição dos saberes docentes adquiridos por meio de uma formação igualmente tradicional, bruta e focada num método de resolução ativa de equações e problemas matemáticos, em que a real Física, contribuinte para a evolução tecnológica e social pouco aparece. Desse modo, é lecionada a Física, nessa perspectiva, sem que seja feita relações com outras áreas, ou mesmo com o cotidiano e a realidade que o cerca.

No entanto, a realidade é que os tempos atuais obrigam a haver uma mudança, e alguém, envolto por esse processo de ensino-aprendizagem, deve

tomar uma iniciativa, e se as escolas falham nesse quesito, alguém deve acertar, como diz Gadotti (2003, p. 15) “se, de um lado, a transformação nas condições objetivas das nossas escolas não depende apenas da nossa atuação como profissionais da educação, de outro lado, creio que sem uma mudança na própria concepção da nossa profissão ela não ocorrerá tão cedo”.

Evoluir profissionalmente somente é possível para o indivíduo que se ocupa de refletir a própria prática como uma forma de potencializar a mesma. Conhecer o processo de ensino-aprendizagem, as exigências da sociedade contemporânea e o que, de fato, significa o ser professor é a maior necessidade da atualidade, no que se refere à educação. Deste modo, o professor necessita estar num constante processo de reinventar-se, visando sempre evoluir em conhecimentos metodológicos, conceituais, humanos, éticos e sociais, que formam o professor necessário à educação do futuro.

A Física é uma componente que carrega uma complexidade inerente, pois trabalha com conceitos abstratos, muitas vezes impossíveis de serem presenciados na prática e, por isso, carecem de um trabalho pedagógico sofisticado e responsável. De acordo com Oliveira (2015), a Física é …

> […] uma ciência abstrata, e abordada, na maioria das escolas, de forma desvinculada da realidade dos alunos, esses, nos diversos níveis de ensino, demonstram dificuldades na aprendizagem, por não estarem preparados o suficiente para perceberem o significado ou a validade do que estudam (p. 15).

Vale ressaltar que muito dessa falta de vinculação do conteúdo com a realidade dos alunos ocorre por ausência de relações com outras disciplinas, o que daria sentido ao que é estudado, uma vez que o alunado veria mais de uma forma de aplicação para o que estuda, e isso denotaria a relevância do objeto de estudo.

Manter o ensino exclusivo em uma única perspectiva é um problema, mesmo que a perspectiva seja de uma outra área. Interdisciplinaridade é relacionar outra (s) área (s) entre si, e não transferir a perspectiva de uma outra área para a que está sendo lecionada, e manter as perspectivas científicas de uma em outra, como ocorre no caso típico da matematização da Física, descrita por Oliveira (2015).

De acordo com a autora, a matematização da Física é um processo em que a Física é lecionada por meio de um forte enfoque matemático, onde há exclusiva aplicação de fórmulas e equações matemáticas, sem que haja relações entre teoria e prática, cotidiano e ciência (OLIVEIRA 2015). Essa matematização é uma das

principais metodologias de Ensino de Física e que distanciam a prática docente da prática interdisciplinar e, por isso, necessita ser vencida.

É importante perceber que esse processo de matematização pode ocorrer em outra componente qualquer, além da Física, como a Química, por exemplo. O problema desse método está em privar o aluno de reflexões próprias à área que está sendo estudada para sobrecarrega-lo com conceitos e perspectivas repetitivas e, eventualmente, irrelevantes para a sua formação como cidadão.

A título de exemplo, tem-se os fenômenos aqui objetos de pesquisa (fenômenos luminosos), que poderiam ser lecionados apenas sob a perspectiva matemática, se fosse o caso, onde o professor trabalharia os com os dados quantitativos do fenômeno de transição eletrônica, por exemplo. Esse modo de estimular a construção do conhecimento limita as capacidades de raciocínio do discente, prejudicando a sua ação cidadã, posteriormente.

Nesse caso, o assunto “fenômenos luminosos” ou, mais especificamente, “luminescência”, seria considerado o tema gerador, uma vez que é tido como o objeto da construção de discussões críticas. De acordo com Guerra *et al.* (1998), …

> Ao falar de um tema gerador estamos interessados em buscar um conteúdo que possa ser amplamente trabalhado por diferentes disciplinas e que ao mesmo tempo tenha relevância enquanto um conteúdo que possa ajudar na compreensão da realidade. Nesse sentido o tema ENERGIA é particularmente rico (p. 42).

No exemplo dado pelo autor, o tema pode ser estudado sob perspectivas de diversas áreas, e por isso promove discussões que podem ser embasadas por distintas disciplinas. Desse modo, o tema é gerador de interdisciplinaridade, assim como o caso dos fenômenos luminosos, pelos motivos já discutidos e provados nos tópicos anteriores.

Tendo em vista a discussão apresentada com base na fundamentação teórica, pode-se perceber as diversas linhas de pensamento que interceptam entre si, de modo a construir uma vereda larga de conhecimento interdisciplinar que perpassa as áreas de Física, Química e Biologia.

Neste ínterim, a discussão acima realizada traz uma abordagem rica acerca dos fenômenos luminosos e o modo como eles podem se relacionar, se pensados com base em fundamentos interdisciplinares a que todo conhecimento científico está sujeito, o que esclarece a proposta da pesquisa aqui realizada e explanada.

3. MARCO METODOLÓGICO

As considerações metodológicas apresentadas nesta etapa são fruto de profundas pesquisas bibliográficas, efetivadas e tratadas de forma crítica e ordenada para que pudesse ser atingido os objetivos estabelecidos; desse modo, entender a contribuição de fenômenos luminosos como a incandescência e a luminescência para um Ensino de Física interdisciplinar.

Para isso, muniu-se de conhecimentos metodológicos fundamentados na ciência, ou seja, que fossem os mais eficientes possíveis para que o objetivo citado pudesse ser alcançado com louvor e através do caminho tanto de melhor acesso dadas as circunstancias vivenciadas, quanto que oferecesse as melhores possibilidades de resolução da problemática. Os métodos empregados são esclarecidos abaixo.

3.1. Classificação e coleta de dados

Toda pesquisa científica segue métodos sistemáticos que permitem-na ser classificada seguindo certos critérios. Com a pesquisa em questão não é diferente e a sua classificação ocorreu mediante as perspectivas de três dos mais renomados pensadores dos métodos e técnicas da pesquisa científica, que são eles: Marconi e Lakatos (2003), Gil (2017) e Goldenberg (1997).

Os critérios de classificação da pesquisa científica são: abordagem, finalidade, objetivos e procedimentos técnicos de busca de dados. Desta forma, de acordo com o pensamento apresentado por Goldenberg (1997), segundo a abordagem, a pesquisa em questão classifica-se como de natureza qualitativa, tendo em vista que nesse tipo de pesquisa, os dados obtidos levam o pesquisador a um aprofundamento do entendimento do seu objeto de estudo, realizando interpretações subjetivas e descartando dados com valores numéricos ou estatísticas para as considerações realizadas.

Segundo Gil (2017), a análise de dados de uma pesquisa com essa abordagem depende exclusivamente da interpretação que acaba ficando subjetiva

ao pesquisador, o que o coloca numa condição de extrema responsabilidade e trabalho, uma vez que necessita ser criterioso e considerar todas as variáveis e possibilidades, aumentando o máximo possível a precisão das conclusões obtidas. A interpretação de dados com abordagem qualitativa pode ser mais cansativa que o quantitativo, uma vez que o responsável pela manipulação dos dados não possui a orientação dos valores numéricos que, com sua exatidão inerente, costuma direcionar o pesquisador.

Por sua vez, no que diz respeito à finalidade, a presente pesquisa pode ser classificada como básica, uma vez que mesmo as conclusões aqui tiradas e os resultados alcançados podendo ser aplicados a uma realidade, de forma efetiva, a mesma não foi desenvolvida pensando numa realidade específica, mas em problemas amplos que envolvem a educação contemporânea. Segundo Gil (2003) uma pesquisa aplicada, "[…] tem como característica fundamental o interesse na aplicação, utilização e consequências práticas dos conhecimentos" (p. 27).

É importante salientar que à pesquisa em questão interessa que seus resultados sejam posteriormente utilizados como escopo para aplicação prática, e que os resultados alcançados sejam efetivos na solução de problemas específicos; no entanto, como o foco da mesma não está direcionado ao estudo de campo de uma problemática encontrada especificamente em uma área geográfica e embasada em possibilidades regionais de aplicação, esta não pode ser aplicada, mas básica.

Quanto aos objetivos, a mesma pode, ainda, ser classificada como exploratória, salvo que, mesmo o pesquisador não tendo contato direto com o objeto de pesquisa, possui como foco, para além de explicar a problemática analisada, desenvolver hipóteses embasadas na ciência e em pensamentos críticos e concretos, possibilitando assim ser posteriormente aplicada em realidades necessitadas de intervenção prática (MARCONI; LAKATOS, 2003).

No que se refere aos procedimentos de aquisição de dados, a pesquisa aqui em debate pode ser classificada como bibliográfica, uma vez que, de acordo com Gil (2017), a mesma pode ser …

> […] desenvolvida a partir de material já elaborado, constituído principalmente de livros e artigos científicos. Embora em quase todos os estudos seja exigido algum tipo de trabalho desta natureza, [as mesmas são] […] desenvolvidas exclusivamente a partir de fontes bibliográficas. […] A principal vantagem da pesquisa bibliográfica reside no fato de permitir ao investigador a cobertura de uma gama de fenômenos muito mais ampla do que aquela que poderia pesquisar diretamente (p. 50).

Tendo em vista a atual situação de limitações impostas pelas novas regras de vivência em sociedade advindas da pandemia do Covid-19, a pesquisa bibliográfica é a mais indicada para ser realizada, uma vez que permite ao pesquisador ter acesso amplo ao objeto de pesquisa e estudar as variáveis que envolvem a problemática sem a necessidade de se expor ao risco de ir à campo, uma vez que esta é uma opção remota atualmente.

Como denotado por Gil (2017), a pesquisa bibliográfica possui algumas vantagens em comparação àquelas que necessitam colocar o pesquisador em contato direto com o seu objeto de estudo, tais como: baixo custo; possibilidade de obter conclusões em um menor tempo de dedicação à pesquisa; acesso a um maior acervo de dados para análise e estudo; conclusões tiradas com base em mais de uma perspectiva e mais de uma realidade (consultadas por meio dos referenciais teóricos), ou seja, visão horizontal da problemática e suas hipóteses.

Conclui-se, assim, que os métodos utilizados foram os mais indicados para as circunstancias atuais, em que a impossibilidade de ir a campo e, em um intervalo de tempo maior, adquirir resultados mais sofisticados e direcionados, permitiu. Desse modo, foram analisados 28 (vinte e oito) artigos, teses e dissertações e 17 (dezessete) livros para fundamentar a pesquisa em questão, dos quais foram selecionados 8 (oito) livros e 16 (dezesseis) dos artigos, dissertações e teses, para a discussão acerca do tema e linha de raciocínio propostos.

4. MARCO ANALÍTICO

A discussão realizada nos capítulos anteriores permitiu, da parte da autora, o enriquecimento dos conhecimentos consigo carregados, de modo a aperfeiçoar as hipóteses levantadas para o problema de pesquisa aqui em questão. Desse modo, os objetivos puderam ser melhores estudados, tendo em visto que as ideias anteriormente discorridas pelos autores elencados foram primorosas, trazendo, assim, dados valiosos, que são agora devidamente analisados e interpretados.

Neste ínterim, o presente capítulo tem por objetivo analisar, interpretar e discutir crítica e sistematicamente os dados obtidos por meio da pesquisa bibliográfica, de modo que seja possível esclarecer e/ou reformular as hipóteses levantadas. Para isso, será feito inicialmente a caracterização da amostra, ou seja, a análise dos artigos (teses, monografias, etc.) e dos livros consultados e discutidos; seguido de uma comparação dos dados obtidos por meio desses recursos científicos, bem como às hipóteses levantadas.

4.1. Análise dos Artigos

Toda a pesquisa realizada efetivou-se mediante investigação em material bibliográfico, em toda dimensão teórico-escrita, por meio de livros, artigos, revistas, teses de mestrados e/ou doutorado e dissertações científicas, em meios virtuais digitais (sites) ou virtuais impressos (arquivos de texto em *pdf*).

O total de artigos pesquisados somam 28 (vinte e oito) trabalhos de cunho científico. É importante destacar que, para fins de classificação, considera-se “artigo” todo material elaborado por um referencial teórico e que não seja um livro; dessa forma, teses e dissertações enquadram-se na análise de artigos, juntamente com os artigos propriamente dito.

Sabendo disso, o quadro 1, representado abaixo, demonstra de forma mais abrangente, o total de trabalhos científicos diferentes de livros (artigos), que foram consultados no processo de seleção dos mais relevantes para compor o referencial teórico que fundamenta a pesquisa em questão. Como pode ser visto, o quadro 1

separa por tipo, disponibilidade e estado brasileiro, cuja qual o trabalho foi elaborado. O quadro pode ser visualizado abaixo:

TIPOS DE PRODUÇÃO	ESTADOS				SUBTOTAL
	SP	GO	SC	RJ	
Artigos	08	01	02	04	15
Teses	03	02	-	01	06
Dissertação	04	-	01	02	07
VIRTUAL	06	-	03	01	10
PDF	09	03	-	06	18
SUBTOTAL	15	03	03	07	**28**

Quadro 1: Produções acerca da temática, por estado brasileiro e disponibilidade.
Fonte: Produção da autora.

É importante destacar que os dados demonstrados no quadro acima referem-se ao total de artigos consultados durante todo o processo investigativo, levando em consideração, também, os que foram descartados posteriormente, no momento da análise. Assim, o quantitativo dos trabalhos científicos utilizados efetivamente na presente pesquisa, após a seleção dos mais relevantes para a discussão aqui realizada, é menor que os representados no quadro 1.

Em simples análise do quadro 1, acima, pode-se perceber que a maioria esmagadora, tanto dos artigos, quanto das teses de mestrado e doutorado, assim como as dissertações, são provenientes do estado de São Paulo. Estatisticamente falando, o estado de São Paulo (SP) detém mais de 53% dos artigos investigados, 50% das teses e pouco menos de 60% das dissertações; assim sendo, o estado mencionado compreende 53,5% de todos os trabalhos científicos diferentes de livros, consultados.

No que se refere à disponibilidade dos trabalhos científicos consultados, de acordo com o quadro 1, é perceptível que os virtuais impressos, ou seja, os PDF (*portable document format),* sobressaem-se em relação aos virtuais digitais, ou seja, os encontrado por meio eletrônico dedicado ao trabalho científico, como sites, por exemplo. Estatisticamente, os ***pdf's*** somaram 64% de todo o trabalho consultado, sendo que metade disso, ou seja, cerca de 50%, são do estado de São Paulo.

Logo após São Paulo, os estados de Rio de Janeiro (RJ), detém cerca de 25% dos trabalhos consultados, sendo que a maior parte, 57%, é publicação em

artigos; após o Rio de Janeiro, os estados de Goiás (GO) e Santa Catarina (SC), seguem com pouco mais de 10% dos trabalhos científicos consultados, cada um deles; diferenciando-se apenas pelo fato de que no primeiro, todos os seus trabalhos são por meios virtuais digitais, enquanto que o segundo possui apenas a disponibilidade via PDF.

O estado de São Paulo, como dito, detém a maior porcentagem de material consultado. Todos os materiais consultados, mesmo os livros, são de conteúdos relevantes para a problemática, ou seja, Educação e Ciências da Natureza, bem como algumas áreas afins, cuja discussão fosse o suficiente para formular hipóteses mais assertivas, sobre o tema proposto.

Sabendo disso, São Paulo deter o maior número de trabalhos publicados sobre isso, é um indicativo de que o mesmo possui um quantitativo significativo de realidades que vivenciam a problemática ou problemáticas próximas à aqui discutida, ou seja, a educação em São Paulo é uma das principais candidatas à aplicação das conclusões tiradas por meio da investigação aqui realizada.

No que tange ao conteúdo abordado nos materiais diferentes de livros, apresentados no quadro 1, foram pesquisados pensando em atender aos objetivos, tanto o geral quanto os específicos, por isso, separaram-se em diferentes temáticas, uma delas voltada ao objetivo geral (fenômenos luminosos), a outra voltada para a Educação interdisciplinar, ou seja, os objetivos específicos, e o terceiro mais generalista, acerca das ciências da natureza. Estes podem ser visualizados no quadro 2, demonstrado na página seguinte:

Como pode ser consultado no quadro 2, logo abaixo, os artigos analisados foram separados em três grupos temáticos, sendo eles: Fenômenos luminosos. Ciências da Natureza e suas especificidades, Educação e interdisciplinaridade. Destes três grupos, a sua maior parte foi escrita em artigos, pouco mais de 50%.

A temática “educação e interdisciplinaridade”, sozinha, deteve pouco menos de 40% dos trabalhos escritos, seguida dos “fenômenos luminosos”, com pouco mais de 35%, acompanhada das “Ciências da Natureza e suas especificidades” com cerca de 25% dos trabalhos científicos, entre artigos, teses e dissertações, como esclarecido no quadro 1 e segmentado no quadro 2.

GRUPOS	PRODUÇÕES	TOTAL
Fenômenos luminosos	7 Artigos	10
	2 Teses	
	1 Dissertação	
Ciências da Natureza e suas especificidades	3 Artigos	7
	1 Tese	
	3 Dissertações	
Educação e interdisciplinaridade	5 Artigos	11
	3 Teses	
	3 Dissertações	

Quadro 2: Publicações por conteúdo de abordagem.
Fonte: Produção da autora.

As temáticas gerais, que envolvem educação e componentes curriculares da educação básica, como as segunda e terceira, são mais discutidas, pois tratam de fenômenos aplicados a uma problemática recorrente nos dias atuais, que é a insuficiência da educação e do processo de ensino-aprendizagem no Brasil. Algo mais específico como “fenômenos luminosos” ou, ainda mais especificamente, propriedades luminescentes, são discutidos em menor escala, pois referem-se, em suma, da sua carga teórico-científica, desconectados do contexto prático.

É importante salientar que, da totalidade dos artigos, teses e dissertações consultados e analisados, uma porcentagem de pouco mais que 57% foi utilizada para compor a fundamentação da investigação aqui efetivada.

4.2. Análise dos Livros

Assim como artigos, a pesquisa em questão muniu-se de livros, didáticos ou enciclopédicos, para construir a teorização do trabalho. No caso dos livros, o total de consultados somaram 17 (dezessete), diferentemente dos artigos, com disponibilidade virtual (pdf) ou físico (impresso e encadernado).

Deste modo, o quadro 3, apresentado logo abaixo, mostra graficamente o quantitativo dos livros consultados e analisados para compor a fundamentação da pesquisa. Assim, os livros destinados à teorização e os destinados à fundamentação técnica estão contabilizados no quadro 3. Vale ressaltar que os dados da tabela

mostram todos os livros científicos, mesmo os que foram descartados após o processo de análise.

TIPOS DE PRODUÇÃO	ESTADOS			SUBTOTAL
	SP	RS	RJ	
Livros	10	2	5	**17**
FÍSICO	3	-	2	05
PDF	7	2	3	12
SUBTOTAL	10	02	05	**17**

Quadro 3: Quantitativo de livros consultados, por estado brasileiro.
Fonte: produção da autora.

O quadro 3 mostra, de maneira semelhante ao quadro 1, os estados brasileiros responsáveis pela elaboração do material científico consultado na investigação presente, de modo que São Paulo continua sobressaindo-se, detendo pouco menos de 60% dos livros analisados. O estado do Rio de Janeiro (RJ) está logo atrás, com cerca de 30%, seguido do Rio Grande do Sul (RS), com pouco mais de 10% em suas duas produções analisadas, das quais uma foi descartada por não atender à problemática.

O estado de São Paulo é um dos principais fomentadores à pesquisa científica do País, não apenas na área da educação e afins, mas de um modo geral. Por isso, o grande volume de materiais científicos provenientes deste estado, entre os analisados.

A disponibilidade de livros é muito mais facilitada por meio eletrônico (e-book ou digitalizado em pdf), que por meio físico (impresso e encadernado), por conta da diferença de custos e, também, por conta da abordagem. Por isso, os livros elencados no quadro 3, em sua maioria, possuem disponibilidade virtual em pdf, pois é facilitada a busca.

No que se refere à temática de abordagem dos livros, separou-se em quatro pequenos grupos, dos quais três são para a discussão teórica e um para a estruturação técnica da pesquisa científica. Acerca dos métodos e técnicas de pesquisa, três foram os livros consultados e 100% deles foram aproveitados para

fundamentar o trabalho em questão, pois tratam-se de pesquisadores renomados, como Lakatos, Gil e Goldenberg.

GRUPOS	SUBTOTAL
Métodos e Técnicas de Pesquisa	03
Fenômenos luminosos	05
Ciências da Natureza e suas especificidades – Cunho didático	04
Educação e interdisciplinaridade	05

Quadro 4: Livros analisados por conteúdo de abordagem.
Fonte: Produção da autora.

Como pode ser visto no quadro 3, cerca de 53% dos livros, tratam da educação escolar ou são de cunho educacional, como os didáticos, por exemplo. Pouco menos de 30% possuem como temática de discussão os fenômenos luminosos, bem como as propriedades luminescentes e incandescentes; entretanto, levando em consideração que a problemática aqui abordada tem como principal eixo a interdisciplinaridade, então a Física e áreas afins são objetos de generalização.

Para que a interpretação dos dados fosse o mais ágil e eficiente possível, a categorização dos dados ocorreu de por meio de valores percentuais. Isso, no entanto, não configura as interpretações aqui realizadas como de caráter quantitativo, uma vez que as conclusões tiradas fizeram uso dos dados quantitativos de maneira qualitativa.

Assim como os artigos, os livros representados nos quadros 3 e 4 descrevem todos os livros obtidos na investigação, assim os que foram posteriormente descartadas, também estão presentes nos quadros supracitados. Ao fim, apenas uma porcentagem de 47% de todos eles, foi selecionada para compor a fundamentação da presente pesquisa, contabilizando os de cunho técnico também.

4.3. Resultados e Discussões

É interessante destacar que a proposta discursiva da pesquisa em questão, atém-se à interdisciplinaridade e o seu emprego em áreas consideradas de difícil assimilação, como a Física, por exemplo. Fenômenos luminosos como a

luminescência e incandescência são conceitos grandemente relevantes, e que são pouco discutidos na Educação Básica, e por isso, pouco relacionados cotidianamente e interdisciplinarmente.

Pensando nisso, a discussão voltada para os fenômenos luminescentes como agentes didáticos da interdisciplinaridade, sobretudo entre as áreas de Ciências da Natureza, onde a temática mostra-se mais complexa, tornou-se lógica e relevante. Em análise do objetivo geral da pesquisa: “entender a contribuição de fenômenos luminosos como a incandescência e a luminescência para um Ensino de Física interdisciplinar”, percebe-se que o fim último é alcançar um Ensino de Física Interdisciplinar.

Dessa forma, apesar do emprego de conceitos pertencentes a áreas como a Química e a Física, relacionados ao seu estudo teórico, a investigação realizada é puramente didática, e que visa propor formas didaticamente viáveis de uma educação interdisciplinar nas áreas de Ciências da Natureza, como propõe a BNCC. Nesse sentido, atribui-se sentido à luminescência e incandescência como agentes da interdisciplinaridade, e não como foco central e fim último da pesquisa efetivada.

Visando materializar o objetivo geral, a investigação iniciou por caracterizar os conceitos e fenômenos envolvidos na problemática, de maneira a abordar todas as variáveis a serem consideradas na elaboração de hipóteses resolutivas da mesma. Dessa forma, Halliday e Resnick (2016), em seu livro “Fundamentos da Física: Óptica e Física Moderna”, conceituam fenômeno luminoso, de maneira ampla, como toda emissão de luz proveniente de uma fonte (corpo) natural ou não.

Luminescência e incandescência compreendem fenômenos luminosos, pois são caracterizados pela emissão de fótons de luz. Buscando conceituar o primeiro deles, consultou-se Vaz (2013), que diz que “a luminescência é um termo empregado para descrever a emissão de radiação quando uma molécula ou átomo no estado excitado decai para o seu estado fundamental” (VAZ, 2013. p. 7).

A incandescência, por sua vez, teve a sua conceituação dada por Serra *et. al* (2015), ao dizer que se trata de fenômenos luminosos cuja emissão de luz se dá mediante o aquecimento do corpo emissor. Os três objetivos específicos traçados funcionaram como um direcionador da investigação, de modo a esclarecer as etapas a serem seguidas para elaborar hipóteses assertivas sobre a problemática.

Os objetivos específicos foram: analisar e discutir as aplicações dos conceitos de luminescência e incandescência nas áreas de Física e Biologia, a partir do estudo

bibliográfico; compreender a estrutura atômica com base no conceito de luminescência; e discutir a interdisciplinaridade no Ensino de Física.

O primeiro deles enfatiza a especificidade dos fenômenos luminosos nas áreas da Física e Biologia. Considerando que os fenômenos de luminescência são estudados pela Química, no átomo de hidrogênio, e que os dois conceitos se relacionam entre si, analisar a aplicação desses dois fenômenos nas áreas citadas é analisar a possibilidade da interdisciplinaridade entre as componentes mencionadas.

Considera-se que a partir do momento em que a explicação de um conceito pode ser melhor caracterizada e/ou assimilada com o auxílio de conceitos provenientes de outras áreas do conhecimento, teóricas ou práticas, há a presença de interdisciplinaridade nesta situação. Assim acontece com os fenômenos luminosos, luminescência e incandescência, por isso podem (e devem) ser trabalhados de maneira interdisciplinar.

A investigação demonstrou que caracterizar completamente os conceitos de luminescência, bem como destacar as suas aplicações, requer o entendimento de áreas que, vezes ou outras, não fazem parte da área que estuda o conceito. Por exemplo, a luminescência é estudada pela química, por motivos estrutura atômica e transições eletrônicas serem conceitos que estão sob a química, mas na natureza, a luminescência pode ser encontrada em seres biológicos, como o vagalume e a água-viva, por exemplo, estudadas pela Biologia.

Deste modo, percebe-se que o ato de fazer ciência é, indiretamente, o ato de lidar com a interdisciplinaridade. Trazer a interdisciplinaridade para o Ensino das Ciências, como a Física, por exemplo, significa tornar direto e intencional a interdisciplinaridade já presente na ciência em si. Quando as diversas áreas da ciência não podem se anular, de modo que a Física não contradiz e Química, e esta a Biologia, isso mostra que elas unem-se para formar o todo, que é a Ciência, ou seja, precisam conversar entre si, em consonância interdisciplinar.

A proposta da pesquisa em questão é demonstrar cientificamente e bem fundamentado essa hipótese, de que toda e qualquer componente curricular de uma área da ciência presente na educação, pode ser trabalhada de maneira interdisciplinar, tendo em vista que a interdisciplinaridade faz parte da natureza da ciência. Para isso, a luminescência e incandescência funcionam como agentes pedagógicos da interdisciplinaridade, que mostram o modo como se comportará a educação interdisciplinar, se/quando generalizada para qualquer área.

Assim, as investigações conduziram a um aprofundamento necessário acerca do objeto de estudo, ou seja, incandescência e luminescência; uma vez que compreender as suas especificidades é o caminho para entender a melhor forma de relacioná-lo com as demais áreas do conhecimento, proporcionando assim uma educação interdisciplinar (foco central da pesquisa em questão).

Dessa forma, Atvars e Martelli (2002) descrevem a luminescência em seu livro “espectroscopia de luminescência” como fenômenos luminosos emissores de fótons frios e que podem ser separados em fluorescência e fosforescência. Para os autores, o primeiro refere-se à emissão de fótons com mesma multiplicidade de spin, enquanto que o segundo deles refere-se envolve emissão de fótons frios om estados de multiplicidade diferente de spins.

Há um embate de ideias quanto a essas duas subclassificações da luminescência, quando o autor Oliveira *et. al* (2013) diz que a diferença básica entre a fluorescência e fosforescência encontra-se apenas no tempo de emissão de fótons frios após atingidos por uma fonte de energia luminosa. Para ele, a fosforescência demoraria tempos indeterminados emitindo fótons, enquanto que a fluorescência cessaria instantaneamente a sua emissão, após encerrar o contato com a fonte de energia.

O fato é que ambos os autores descrevem precisa e verdadeiramente as características de ambos os conceitos, no entanto, a compreensão da definição dada por Atvars e Martelli (2002), no livro “espectroscopia de luminescência” carece que o aprendiz possua conhecimentos acerca de multiplicidade de spins, ou seja, conhecimentos específicos da Física. Este é o ponto em que as hipóteses aqui elencadas começam a ganhar forma teórico-científica, tendo em vista que a fundamentação utilizada pressupõe a necessidade de relacionar duas áreas distintas a fim de compreender um simples conceito.

Esta interdependência torna-se cada vez mais profunda, sempre que aumenta a necessidade de se compreender de forma mais esclarecida o fenômeno. A título de exemplo, toma-se a distinção entre a fluorescência e a fosforescência, já elucidados acima. Viu-se que compreendê-lo de acordo com Atvars e Martelli (2002) necessita de conhecimentos específicos da Física, acerca da multiplicidade de spins; entretanto, uma simples busca sobre esse conceito não permite ao pesquisador compreender amplamente esse fenômeno.

De acordo com Oliveira *et al.* (2013), compreender a multiplicidade de spins, necessária ao entendimento da diferença entre fluorescência e fosforescência, segundo os autores supracitados, requer o entendimento de certas regras que descrevem esse princípio, como a Regra de Hund, por exemplo. Segundo os autores, quanto mais elétrons com spins paralelos existirem em certo orbital, menor será a energia nesse orbital e vice-versa.

De igual maneira, compreender a Regra de Hund requer que o aluno tenha domínio sobre distribuição eletrônica, para assim conhecer o conceito de orbital, por exemplo, e assim por diante. Desta forma, compreende-se que a busca pela assimilação de determinado conceito desencadeia uma teia, por assim dizer, de interdependências e conhecimentos prévios por parte do pesquisador/aluno, que torna concreta a essência da interdisciplinaridade presente no ato pedagógico e na ciência em si.

É importante destacar que essa teia ganha maior número de ramificações quando se eleva o grau de abstração ou sofisticação do objeto de estudo. A título de exemplo, toma-se uma das formas de luminescência, a quimioluminescência. Para compreender amplamente a reação química que ocorre para formar uma reação de quimioluminescência, é necessário que o interessado nisso navegue profundamente em conhecimentos prévios e conceitos outros que perpassam em sua dimensão física, química e biológica.

Moraes, Toth e Rangel (2005) *apud* Vaz (2013), trazem uma conceituação sintetizada do tipo de reação que ocorre para formar a quimioluminescência, de modo que fica evidente a necessidade de possuir conhecimentos prévios acerca de uma série de conceitos e teorias tanto da química quanto da física, para compreender claramente a reação. Para os autores, na reação …

> […] ocorre uma variação de um dos mecanismos […], na qual um reagente sofre uma reação química para formar um produto em um estado excitado. Esse produto excitado pode perder energia por emissão de radiação (quimioluminescência direta) ou por transferência de energia para um fluoróforo que posteriormente, pode emitir radiação (quimioluminescência indireta). Em alguns casos, as partículas excitadas são os produtos de uma reação entre um analito e um reagente adequado, geralmente um oxidante forte como ozônio ou peróxido de hidrogênio. Em outros casos, o analito pode desempenhar o papel de reagente, catalisador, supressor, ou até mesmo potencializar a reação quimioluminescente (p. 7; grifo nosso).

A quimioluminescência na natureza pode ser encontrada em algumas espécies de águas-vivas e outros seres marinhos, ou seja, em organismos

biológicos. Dessa maneira, os conceitos descritos pelos autores são de pertinência química, a aplicação prática é biológica, e o estudo dos fenômenos perpassa pela área da Física; assim, evidencia-se a necessidade de uma postura relacional entre essas três áreas, visando melhor assimilação por parte do aprendiz.

De igual maneira, a incandescência, conceituada tanto por Oliveira *et al.* (2013) e Vaz (2013) quanto por Serra *et al.* (2015), sinteticamente, como a emissão de fótons quentes, ou seja, irradiação de luz proveniente do aquecimento do corpo emissor; em resumo, luz proveniente do calor e que transcende o infravermelho para o espectro do visível.

De acordo com Halliday e Resnick (2016), em seu livro que retrata acerca da Óptica e Física Moderna, em consonância com Young e Freedman (2016), o conhecimento acerca da incandescência, ou seja, a possibilidade de produzir raios luminosos por meio do aquecimento de certos materiais (como o tungstênio, por exemplo) através da injeção de elétrons em alta velocidade, trouxe grandes contribuições para a indústria automobilística do século XIX, guardando sua importância até o final do século XXI.

A indústria automobilística fez bom proveito das descobertas feitas pela Física acerca da iluminação por incandescência, de modo a possibilitar que os automóveis pudessem ser utilizados à noite com a mesma eficiência que durante o dia, com faróis de alta iluminação, por meio das lâmpadas incandescentes. Este é apenas mais um dos incontáveis fatos relacionados à aplicação de descobertas de uma das áreas da ciência em outra, o que evidencia a necessidade do trabalho pedagógico nas escolas voltado para uma educação interdisciplinar.

Desse modo, o material teórico de cunho específico da área de Ciências da Natureza, especificados nos quadros 2 e 4, foram pertinentes para, em sua conceituação peculiar acerca dos fenômenos luminescentes acima esclarecidos (luminescência, incandescência, fosforescência, fluorescência e quimioluminescência), denotar acerca da necessidade de se relacionar conhecimentos prévios, construídos, em sua maioria, por meio de aprendizagens em outras áreas da ciência.

No que tange à educação básica em si, a inserção de algumas componentes curriculares da área de Ciências da Natureza como a Biologia e a própria Física ocorre apenas na sua terceira etapa, de modo a limitar o fazer pedagógico docente,

que enfrenta duas grandes problemáticas: a falta de tempo dedicado à disciplina somado à necessidade de abordá-la em sua totalidade.

A proposta para as componentes supracitadas no Ensino Médio (EM), justamente por estarem presentes apenas nessa etapa, é essa: que a mesma seja abordada da forma mais ampla possível, com o objetivo de que o aluno adquira o máximo de conhecimentos referentes às áreas em questão. No entanto, a ausência de tempo hábil para tal abordagem de forma significativa faz com que haja um amontoado de informações que perpassam bases matemáticas e conceitos vagos e esqueça-se do que realmente é essencial: o desenvolvimento de conhecimentos significativos para a vida.

Essa forma de caracterizar o processo de ensino-aprendizagem em que há um forte enfoque matemático seguido de poucos conceitos vagos e desprendidos do seu contexto lógico é chamado, por Oliveira (2015), em sua tese de mestrado intitulada “Uso de vídeos como atividade experimental demonstrativa no ensino de Química**”** de matematização. Trata-se de uma forma de ensinar que, apesar de muito corriqueira na Física, surge em outras componentes curriculares de igual modo. O conceito e as perspectivas do autor são esclarecidos no capítulo dois, por isso não será estendido aqui.

Entretanto, esse conceito abre um leque interessante acerca do processo de interdisciplinaridade e que convém ser explanado. De acordo com a discussão trazida por Oliveira (2015), toda vez que uma componente curricular qualquer prioriza determinada perspectiva metodológica e a aplica de maneira contínua e invariável, ocorre o processo de matematização.

Vale ressaltar que essa priorização pode ser endógena ou exógena; ou seja, o docente pode cometer esse processo semelhante à matematização sempre que trabalha sua disciplina contemplando apenas uma perspectiva das muitas que a mesma tem a oferecer. O docente pode, em contrapartida, privilegiar uma outra componente no momento de lecionar a sua, e esquecer de trabalhar as diferentes perspectivas da disciplina lecionada, para trabalhar a de outra, numa ilusão de interdisciplinaridade.

Construir o senso crítico pressupõe um desenvolvimento completo do alunado como cidadãos aptos a exercerem o seu papel social, científico e humano. Uma educação fundada sob esses pilares requer um processo de ensino-aprendizagem, como diz Leis (2005), em seu livro “Sobre o conceito de interdisciplinaridade**”,**

voltado à interdisciplinaridade, ou seja, com uma postura relacional entre ciência, cotidiano, cultura e sociedade contemporânea (tecnologia).

Pensando nisso e, enfatizando a discussão acerca dos fenômenos luminosos, é que se confirma a importância de trabalhar a luminescência e incandescência – tendo em vista que estes conceitos se configuram no objeto de generalização da interdisciplinaridade no Ensino Médio – do modo como aqui vem sendo discutido, ou seja, denotando acerca da sua inerente relação com muitas outras áreas da ciência e tecnologia.

A formação crítica que torna o alunado apto a exercer seu papel de agente transformador de realidades sociais necessita dessa abordagem mais horizontal, não apenas da luminescência, mas que toda a teoria associada a uma componente curricular qualquer seja relacionada com a sua correspondência prática e cotidiana.

Formar o sujeito criticamente, ou seja, desenvolver senso crítico no discente pressupõe a construção de competências específicas e gerais das ciências e da prática científica, bem como da vivência em sociedade. Desenvolver competências por meio da educação, de acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) homologada em 2017, significa mobilizar "[…] conhecimentos (conceitos e procedimentos), habilidades (práticas, cognitivas e socioemocionais), atitudes e valores para resolver demandas complexas da vida cotidiana, do pleno exercício da cidadania e do mundo do trabalho" (BRASIL, 2017; p. 8).

Sabendo que competências são, em suma, a mobilização de habilidades para resolver problemas do mundo do trabalho e, tendo em vista que o mundo do trabalho não é estático, mas dinâmico, então a competência formada em sala de aula necessita contemplar várias vertentes, como a prática e a interdisciplinar. O aprendizado não pode ser inteiramente teórico, quando o cotidiano é inteiramente prático, pois o aprendizado torna-se desconexo, carecendo de aplicação e fundamentação na realidade ao qual ele descreve.

Dentre as competências específicas proposta pela BNCC para as Ciências da Natureza, encontra-se "avaliar aplicações e implicações políticas, socioambientais e culturais da ciência e de suas tecnologias para propor alternativas aos desafios do mundo contemporâneo, incluindo aqueles relativos ao mundo do trabalho" (BRASIL, 2017; p. 324). Desenvolver a competência mencionada requer um trabalho docente voltado para a aplicação prática do conteúdo trabalhado, por isso a necessidade de relacionar teoria e prática.

A prática docente, sobretudo o Ensino de Física, carece de especial atenção no que se refere à reunião de saberes diversos, saberes que se relacionam entre si, mas que pertencem a distintas áreas do conhecimento. Um dos grandes déficits no Ensino de Física está na insuficiência de se lecionar física apenas com as relações que a própria componente propõe, sem vez alguma interligar teorias com práticas, cotidiano com sociedade contemporânea, ciência com o mundo que a cerca.

A BNCC para o Ensino Médio propõe o trabalho em áreas, uma vez que reconhece essa necessidade de interpelação entre o saber. Áreas com múltiplas componentes curriculares são mescladas e transformadas numa área só, como as Ciências da Natureza, por exemplo, que reúne Biologia, Física e Química. No entanto, áreas como a matemática, por exemplo, que são unitárias, transformaram-se em uma área, como Matemática e Suas Tecnologias.

Essa nomenclatura “e suas tecnologias” privilegia a formação crítica e interdisciplinar da área, deixando subentendido a relação que a mesma possui com o saber cotidiano e prático. A matemática possui relação direta com áreas das Ciências da Natureza, Linguagens, com humanas e sociais, por isso as áreas consideradas na BNCC denotam a respeito disso, tornando evidente a interdisciplinaridade inerente à ciência.

Mesmo no trabalho aqui em questão, a discussão realizada em cima da problemática, acerca do tema proposto, carece do diálogo entre autores que seguem as mais diversas linhas de pensamento e no que tange às mais diversas áreas do saber, ambos alinhados à única discussão, que é a educação interdisciplinar. Dessa forma, a própria pesquisa científica aqui realizada acerca da interdisciplinaridade, é uma pesquisa interdisciplinar, ou seja, o escopo do trabalho é uma reafirmação do seu conteúdo em si.

Neste ínterim, enquanto se discute a interdisciplinaridade, coloca-se em prática a própria interdisciplinaridade. Essa é a necessidade das relações entre os saberes, presente em toda a dimensão do conhecimento e que, por isso, necessita fazer parte do processo de ensino-aprendizagem. Neste processo, a responsabilidade para a vivência de aulas que contemplem esse modo relacional de fazer educação e ciência, recai sobre o docente e, por isso, o conceito de Didática é pertinente neste momento da discussão.

A definição de didática, segundo Libâneo (2013), no livro “Didática”, pode ser o ato mediático entre as bases teórico-científicas da educação escolar e a prática

docente, de modo a operar como uma ponte entre o “o quê” e o “como” do processo educativo. Dessa forma, pode-se entender, de acordo com o autor mencionado, a didática como a mediação entre a metodologia, o conhecimento e o método de aplicação desse mesmo conhecimento, dando forma ao processo de ensino-aprendizagem.

No entanto, outras visões acerca da didática podem ser encontradas em autores como Masetto (1997), por exemplo, que no livro “Didática: A aula como centro” a conceitua como o estudo reflexivo de tudo aquilo que ocorre em sala de aula, por parte do docente. Desse modo, didática configura-se no ato de rever a própria prática e refazer os passos de maneira sistemática, corrigindo os equívocos e melhorado acertos de baixa eficiência.

Em análise das duas ideias acerca da didática, pode-se concluir que a mesma pode ser entendida como o conjunto das interrelações que se devem ser feitas no ato pedagógico e que perpassam a dimensão conceitual, procedimental e atitudinal; de modo que, mesmo após essas dimensões serem compreendidas, a didática ainda atua na avaliação e correção do fazer pedagógico.

Dessa maneira, no que tange ao processo de ensino-aprendizagem é a didática docente que determina o modo de agir da interdisciplinaridade, que e como serão feitas as interrelações e de que maneira elas atuarão na construção de competências e no desenvolvimento da criticidade do alunado.

É importante destacar que o método privilegiado para o processo de ensino-aprendizagem é flexível e de responsabilidade do docente, de maneira que possa ser por intermédio de sequências didáticas, aulas práticas, simuladores virtuais, laboratórios didáticos, discussão oral, produção textual, etc. O que mais deve se levado em consideração é que o foco da aula não pode ser perdido, ou seja, construir no discente a competência necessária a aplicar o conteúdo da aula nas diversas áreas da vida em sociedade; e isso pressupõe a presença da interdisciplinaridade.

Considerando uma discussão crítica que trabalhe a oralidade, método ativo e conhecimentos prévios discentes, toma-se o tema objeto de pesquisa (fenômenos luminosos). Nesse caso, o objeto de estudo pode ser considerado aquilo que Guerra *et al.* (1998) chama de tema gerador, ou seja, um conteúdo com potencial para ser amplamente trabalhado em sala de aula, que seja aberto a relações com as mais

diversas componentes curriculares e que auxilie o discente na compreensão da realidade.

Faz-se salutar salientar que, apesar de alguns temas chamados de transversais, possuírem grande potencial de trabalho em todas as áreas, ou na maioria delas, pressupõe-se que todo conteúdo que seja objeto de estudo da ciência é de caráter interdisciplinar e, por isso, pode ser trabalhado pedagogicamente sob diversas óticas.

É comum encontrar os conceitos de incandescência e luminescência em livros didáticos e outros materiais científico-pedagógicos como os artigos, por exemplo, como conceitos exclusivos da química ou da física. Todavia, o fato de existir a possibilidade desses conceitos serem encontrados em materiais pertencentes a ambas as áreas mencionadas, os caracteriza como conteúdos interdisciplinares e, por isso, necessitam serem tratados como tal.

Dessa maneira, é possível concluir que as ideias não apenas de interdisciplinaridade voltada ao Ensino de Física, mas de qualquer forma de relação entre componentes curriculares, seja ela pluridisciplinar ou multidisciplinar, voltada a qualquer área da ciência associada à educação escolar, pode ser generalizada pois é inerente ao ato de se fazer ciência nos dias atuais.

A fundamentação teórica e a análise dos discursos específicos e gerais da educação e das Ciências da Natureza, voltadas aos fenômenos luminosos levaram à construção da hipótese de que a educação interdisciplinar deve ser abordada e que, a princípio, toda componente curricular é potencialmente uma componente passível de interdisciplinaridade.

Dessa maneira, luminescência e incandescência, bem como todas as suas subdivisões, denotadas e discutidas na pesquisa realizada, funcionam bem como agentes da interdisciplinaridade, de forma que a discussão que contemple a teoria e a prática, deve relacionar conteúdo, cultura e sociedade, pois esta é forma interdisciplinar de construir a criticidade e de desenvolver competências.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

De acordo com a discussão realizada acima, pode-se perceber que a pesquisa em questão enfocou numa problemática que envolve o trabalho interdisciplinar na área de Ciências da Natureza, sobretudo na componente de Física. Para isso, foram apresentados argumentos validados por meio de uma discussão teórica consistente acerca da temática.

Em análise de toda a discussão realizada, de modo a perceber o alto grau de aplicabilidade das hipóteses levantadas e que estão consonantes com a problemática, é possível afirmar que o objetivo geral da pesquisa em questão foi alcançado. Vale ressaltar que o alcance do objetivo supracitado não pressupõe o fechamento da discussão em torno da problemática, tendo em vista que novas hipóteses podem ser levantadas posteriormente, munidas de conhecimentos vindouros, logo, gerando novas discussões.

Os objetivos específicos demandaram da construção de relações mais direcionadas e, por isso, que considerassem a diversidade de possibilidades e realidades encontradas atualmente no meio educacional, para a construção de uma hipótese condizente com o que se encontra na prática.

Desta maneira, a pesquisa aqui efetivada apresentou dados que são relevantes para a construção de novas relações entre as ciências e para denotar a interrelação existente entre grandes áreas como Ciências da natureza, por exemplo. Por isso, pode-se afirmar que a mesma é de grande pertinência para a Ciência, bem como para a própria educação, uma vez que cinge uma problemática que muito tem sido discutida atualmente no meio educacional, que é a dificuldade, ou mais profundamente, a escassez da interdisciplinaridade nas escolas do Brasil.

Os estudos realizados são, ainda, pertinentes para a sociedade contemporânea como um todo, pois apresenta hipóteses estruturadas e pensadas de maneira a se adequarem a muitas realidades sociais, bem como esclarece o mote da Física no Ensino Médio e a sua dificuldade inerente em ser assimilada por parte dos discentes. É relevante, também, para a pesquisadora, uma vez que abriu portas para discussões que possibilitaram a aquisição de uma visão horizontal acerca do tema e, ainda, as relações feitas potencializaram o senso crítico-científico.

REFERÊNCIAS

ATVARS, T. D. Z.; MARTELLI, C. **Espectroscopia de Luminescência.** Universidade Estadual de Campinas, São Paulo: Chemskey, 2002.

BECHARA, E. J. H.; VIVIANI, V. R. **Luzes vivas na escuridão:** Fatos e casos. Rev. Virtual Quim. 7 (1), 3-40, 2015.

BRASIL. **Base Nacional Comum Curricular.** Brasília: MEC, 2017.

CARDOSO, A. A.; DEL PINO, M. A. B.; DORNELES, C. L. Os saberes profissionais dos professores na perspectiva de Tardif e Gauthier: contribuições para o campo de pesquisa sobre os saberes docentes no brasil. **IX ANPED SUL:** Seminário de pesquisa em educação da região sul, 2012.

GADOTTI, M. **Boniteza de um sonho:** Ensinar e aprender com sentido. Novo Hamburgo, Freevale, 2003.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 6ª ed. São Paulo: Atlas, 2017.

GOLDENBERG, M. **A arte de pesquisar**. Rio de Janeiro: Record, 1997.

GUERRA, A.; FREUTAS, J.; REIS, J. C.; BRAGA, M. A. A interdisciplinaridade no ensino das ciências a Partir de uma perspectiva histórico-filosófica. Cad. Cat. Ens. Fís., v. 15, n. 1: p. 32-46, abr. 1998.

GUIDELLI, E. J. **Luminescência Opticamente estimulada em condições de ressonância plasmônica.** Tese de doutorado (Faculdade de Filosofia, Ciências e Letras de Ribeirão Preto, USP), São Paulo, 2015.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R. **Fundamentos de Física**: óptica e física moderna, Vol. 4. 10ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

LEIS, H. R. **Sobre o conceito de interdisciplinaridade.** Cadernos de pesquisa interdisciplinar em ciências humanas, Florianópolis, 2005.

LEITE, O. D.; FATIBELLO-FILHO, O. Um experimento de análise em fluxo envolvendo reações enzimáticas e quimioluminescência. **Química Nova,** São Carlos, v. 27, n. 2, 2004.

LIBÂNEO, José Carlos. **Didática.** 2ª ed. São Paulo: Editora Cortez, 2013.

MARCONI, M. De A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica.** 5ª ed. São Paulo: editora Atlas, 2003.

MASETTO, M. T. **Didática:** A aula como centro. 4ª ed. – São Paulo: FTD, 1997.

MORIN, E. **A cabeça bem feita:** Repensar a reforma, reformar o pensamento. 8ª ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2003.

OKUNO, E. **Radiação:** Efeitos, riscos e benefícios. São Paulo. Harbra, 1998.

OLIVEIRA, Ana Gabriela da Silva. **Uso de vídeos como atividade experimental demonstrativa no ensino de Química.** 2015. 105 f. Tese (Mestrado em Educação

para Ciências e Matemática). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Goiás, Jataí.

OLIVEIRA, A. G. *Et Al.* Bioluminescência de fungos: Distribuição, fungos e mecanismos de emissão de luz. **Química Nova,** V. 36; n. 2, 2013.

OLIVEIRA, O. M. M. De F.; JUNIOR, K. S.; SCHLUNZEN, E. T. M. **Química:** Coleção temas de transformação. V. 3. – São Paulo: Cultura Acadêmica: Universidade Estadual Paulista, 2013.

POMBO, O. **Interdisciplinaridade e integração dos saberes.** Liinc em Revista, v.1, n.1, p. 3 -15; março, 2005.

REY, A. B. **Física/Química Modernas:** Complementos de Física e Química. Vol. 3. São Paulo: Edições Fortaleza, 1970.

SANTOS, R. M. S.; SANTOS, M. F. Quimioluminescência e Bioluminescência. **Química Nova,** v. 16 (3), p. 200-209, 1992.

SERRA, O. A.; LIMA, J. F.; SOUZA FILHO, P. C. **A Luz e as terras raras.** São Paulo: Rev. Virtual Quim. Vol. 7. Nº. 1; 2015. pp. 242-266.

VAZ, M. M. O. L. L. **A quimioluminescência na quantificação de penetração de componentes antioxidantes do extrato de açaí na pele.** 2013. 77 f. Dissertação (Mestrado) Faculdade de ciências farmacêuticas de Ribeirão Preto – Universidade de São Paulo, Ribeirão Preto, 2013.

WELSH, E. **O que é quimioluminescência?** Europa: Science in School, Issue 19, 08/08/2011. Disponível em: https://www.scienceinschool.org/pt/2011/issue19/chemiluminescence. Acesso em: 24/03/2021.

YOUNG, H. D.; FREEDMAN, R. A. **Física IV: Sears e Zemansky:** Óptica e Física Moderna. 14 ed. São Paulo: Pearson Education, 2016.