

# RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS COMO PROPOSTA PARA O ENSINO E APRENDIZAGEM DE FÍSICA MODERNA E CONTEMPORÂNEA NO ENSINO MÉDIO

Ellen Cristine Vivian Mendes Marques Bolzan<sup>1</sup>  
Mara Elisângela Jappe Goi<sup>2</sup>  
Marcos Frichembruder<sup>3</sup>

## RESUMO

Este trabalho discute o contexto epistêmico e pedagógico sobre o ensino e aprendizagem de Física Moderna e Contemporânea (FMC) no Ensino Médio, considerando a metodologia de Resolução de Problemas. A investigação objetiva a construção do ensino e aprendizagem, elaborando uma reflexão crítica sobre a temática, permitindo o reconhecimento dos obstáculos que os alunos enfrentam e as possibilidades de inserir esse estudo na disciplina de Física. A pesquisa foi de cunho qualitativo e envolveu uma revisão bibliográfica de artigos produzidos de 2005 a 2014, realizada em três revistas na área do Ensino de Ciências e de Física. Inclui-se também, o desafio de trabalhar os conceitos norteadores, com um aluno do Ensino Médio de uma escola estadual da cidade de Caçapava do Sul/RS durante o período de estágio no Grupo de Estudos Orientado (GEO) com o tema: “Física Moderna e Contemporânea: Tecnologia e Meio Ambiente” em que foram apresentados conceitos de Física Quântica, Efeito Fotoelétrico e Astronomia. Os resultados encontrados na investigação permitiram concluir que há poucos trabalhos publicados nessa área que apresentem propostas efetivadas com estudantes de Ensino Médio e abordar FMC articulado a Resolução de Problemas estimula a criatividade, competências e a compreensão dos fenômenos científicos e tecnológicos atuais.

**Palavras-Chave:** Resolução de Problemas. Ensino Médio. Física Moderna e Contemporânea.

## 1 INTRODUÇÃO

O saber científico oportuniza ao ser humano a capacidade do pensar reflexivo e a busca pela compreensão de fenômenos que o rodeia, desenvolvendo capacidades de resolver problemas emergentes e propiciando sua evolução intelectual (LAUDAN, 1977). Essa evolução lança o indivíduo a se repensar e reconstruir relações cognitivas que proporcione satisfação e domínio sistêmico de situações problemáticas, concebendo o conhecimento como uma conquista atribuída pelas incessantes provocações sofridas com as experiências e interações com o meio em que o indivíduo está imerso.

---

<sup>1</sup> Licencianda em Ciências Exatas - Habilitação em Física (ellencristinevmmmb@hotmail.com)

<sup>2</sup> Orientadora (maragoi@unipampa.edu.br)

<sup>3</sup> Co-orientador (marcosfrichembruder@unipampa.edu.br)

A Resolução de Problemas pode ser trabalhado no campo epistemológico que implica compreender como o saber científico é construído e, no campo pedagógico, que relaciona como ocorre a aprendizagem desses saberes. No campo epistemológico, Laudan (1977) define a Resolução de Problemas como um processo em que a Ciência cresce. Na perspectiva pedagógica, Dewey (1956) acredita que esta metodologia estabelece em sala de aula um ambiente profícuo e estimulante para promover nos estudantes uma atitude questionadora, potencializando a construção do pensamento científico e possibilitando noções críticas, atualizadas e contextualizadas dos fenômenos. Laudan (1977) argumenta no ponto de vista epistêmico e, afirma que, quando os conceitos não são capazes de explicar com fidelidade os fenômenos, tais são repensados e posteriormente reconstruídos: “Se uma teoria nova pode fazer tudo o que sua predecessora faz e algo mais, então a teoria nova é evidentemente superior.” (LAUDAN, 1977, p. 16).

Entretanto, devido à complexidade dos desafios enfrentados pelos educadores que são afetados pelo sistema educacional atual (turmas lotadas, carga horária extensa, infraestrutura escolar precária, baixos salários, entre outros), o Ensino de Física é apresentado para os estudantes de maneira descontextualizada e desprovido da importância tecnológica bem como, da relevância para os avanços da sociedade, isto é, a escola repassa aos seus estudantes uma visão ingênua da Ciência, sendo que os alunos presenciam resumidamente os conceitos. Além disso, estes são lançados desatualizados e apenas como definições, sem o uso de suas aplicações cotidianas e excluindo o estudo de FMC. Esses aspectos são dominantes nas escolas da rede pública, fato que nos possibilita concluir que o desenvolvimento educacional e as práticas pedagógicas na área das Ciências não constituem relações coerentes entre o que vivemos no mundo científico atual e o que é ensinado nas escolas de Ensino Médio. Logo, ao frequentarem a escola, alguns estudantes sentem-se retornando ao passado, sem construírem noções do presente que compõe seu cotidiano.

Quanto ao ensino de FMC, D’Agostin (2008) afirma que abordar esse conteúdo é importante para o Ensino de Física. Suas pesquisas também apontam que pouco é feito na tentativa de incluir o mesmo no Ensino Médio. Após realizar entrevistas com professores de Física, a autora evidenciou como principal fator a insegurança dos professores, que alegam não conhecer suficientemente a temática, criticando sua formação inicial e a pouca oferta de cursos de formação continuada.

Ostermann e Moreira (2000) apresentam uma revisão da literatura sobre a linha de pesquisa “FMC no Ensino Médio”. A pesquisa concentrou-se em publicações direcionadas ao

Ensino da Física e engloba os primeiros trabalhos publicados nessa linha (final da década de 70). Nesta se verificou que há maior concentração de publicações nesta temática, em forma de divulgação, ou como bibliografia de consulta para professores do Ensino Médio. Mas também existe a falta de pesquisas que relatam propostas realizadas em sala de aula com apresentação de resultados significativos na aprendizagem dos estudantes.

Renovar as práticas pedagógicas no Ensino de Física e incluir FMC nas aulas da Educação Básica, é uma mudança que pode motivar alunos e professores ao serem desafiados por novas propostas. Segundo as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCN+), o conhecimento de Física ganhou um novo sentido a partir das diretrizes apresentadas nos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio (PCNEM):

Trata-se de construir uma visão da Física voltada para a formação de um cidadão contemporâneo, atuante e solidário, com instrumentos para compreender, intervir e participar na realidade. Nesse sentido, mesmo os jovens que, após a conclusão do Ensino Médio, não venham a ter mais qualquer contato escolar com o conhecimento em Física, em outras instâncias profissionais ou universitárias, ainda terão adquirido a formação necessária para compreender e participar do mundo em que vivem (BRASIL, 2002, p 59).

Ainda conforme os PCNEM, o estudo da Física está delimitado a conceitos da Mecânica, Termologia, Ótica, Eletromagnetismo (de forma resumida). Porém, destaca que o ensino de FMC e o Estudo do Universo, também são indispensáveis para construir uma compreensão mais ampla e atualizada (BRASIL, 2002). O estudo de Física é considerado como um componente fundamental para a formação da cidadania, promovendo um pensamento crítico e científico nos estudantes, viabilizando a compreensão de fenômenos e articulação dos fatos que vivenciam dentro do contexto escolar e no meio em que estão inseridos, considerando um estudo histórico, filosófico e tecnológico como fatores essenciais na concepção das Ciências e do seu papel social (BRASIL, 2000).

Não há como garantir que a aprendizagem seja eficiente uma vez que os alunos são submetidos ao estudo de definições e paradigmas desconexos de suas aplicações atuais. Outro problema é a exclusão dos conteúdos de FMC, considerando como fundamental apenas o ensino de Física Clássica, sendo que ambas são significantes para formação integral dos estudantes. A insistência em definir os conceitos remete ao aprendiz uma concepção simplificada do saber científico, que se revela como algo complexo para ser compreendido e estudado na escola, o inibindo de expor seu pensamento sobre os fenômenos, limitando o desenvolvimento de suas capacidades intelectuais, que ele mesmo desconhece. Colaborando

para uma sucessiva e contínua estagnação que não dialoga com o processo evolutivo epistêmico e pedagógico das Ciências.

Além desta realidade que as escolas públicas enfrentam, os conteúdos são repassados aos estudantes em formato de informações compactadas e distribuídas em caixas, cada uma com sua identidade isolada, trabalhando pouco com o contexto social, cultural e as vivências dos alunos. Os conhecimentos atuais são construídos com base em conhecimentos adquiridos ao longo das experiências posteriormente refletidas e reconstruídas. Sendo a contextualização do ensino um importante fator responsável por identificar a razão e os fundamentos do que se pretende aprender.

Tratando-se de práticas pedagógicas, percebemos uma escassa tentativa dos professores em trabalhar FMC no Ensino Médio. Partindo desse pressuposto, o ensino de FMC articulado a metodologia de Resolução de Problemas, possibilita estimular a curiosidade, o pensamento científico e crítico dos estudantes.

Como proposta e contribuição para o Ensino de Física destacando a necessidade de abordar FMC nas aulas do Ensino Médio, articulada a metodologia de Resolução de Problemas, foi realizada uma investigação com o objetivo de compreender e reconhecer as potencialidades para aprendizagem dos conceitos físicos. Esta aconteceu em duas perspectivas: em um momento, realizou-se uma pesquisa bibliográfica na qual foram analisadas três revistas relacionadas ao Ensino de Ciências e de Física, com o intuito de pesquisar os trabalhos produzidos na área da Física articulado a Resolução de Problemas para o ensino de FMC. No segundo momento, foram convidados estudantes do Ensino Médio para participarem do GEO através de atividades extraclases, posteriormente, foram efetuadas intervenções em sala de aula. Este momento foi crucial para compreensão de todo o processo do ensino de FMC articulado com a metodologia de Resolução de Problemas, pois permitiu vivenciar e experimentar as inquietações e sensações que são enfrentadas ao trabalhar com FMC, refletindo sobre as reações do aprendiz ao ser provocado com um novo pensamento percebendo também, os avanços e dificuldades na aprendizagem dos conceitos norteadores que o estudante enfrentou no decorrer do processo.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Resolução de Problemas no Contexto Epistêmico e Pedagógico**

Resolver problemas pode ser pensado em duas perspectivas. No âmbito epistêmico, Laudan (1977) define que a Ciência progride através da resolução de problemas, enquanto no

viés pedagógico Dewey (1959), Pozo (1998) entre outros autores, propõem que resolver problemas leva os alunos a atuarem e a pensarem como pesquisadores, resolvendo situações problemáticas.

### **2.1.1 No contexto Epistemológico**

Resolver problemas, segundo Laudan (1977), é uma ação que envolve o repensar dos saberes científicos na sua concepção empírica ou conceitual como dispositivos promissores para a evolução científica e tecnológica. A Ciência é uma construção humana, que se encontra em processo de reconstrução e formulação de hipóteses e teorias que expliquem a natureza e seus fenômenos, progredindo pelo ato de resolver problemas. O autor elaborou uma taxonomia para os problemas: Empíricos e Conceituais. Ele destaca que um problema empírico, de primeira ordem, é qualquer coisa do mundo natural que surpreenda e requer uma solução. São fatos conhecidos que despertam o interesse em conhecê-los e podem ser exemplificados.

O autor classifica os problemas empíricos em: i) problemas não resolvidos: são aqueles que não apresentam uma explicação sólida e concreta do fato, se originam na ausência de uma teoria que o represente; ii) problemas resolvidos: não apresentam incoerências e contam com uma teoria estruturada que satisfaçam com eficiência o seu caráter científico e, iii) problemas anômalos: estes abrangem consideravelmente o modo que a Ciência se desenvolve e acontece, são transformados em problemas resolvidos, quando à necessidade de resolvê-lo, também estão vinculados ao interesse moral e social de uma comunidade. Uma anomalia é a geradora de conflitos que precisam de explicações coesas e exigirá uma solução, mas isto não implica no abandono de uma determinada teoria, se torna uma razão para se argumentar e construir. Quase todas as teorias passaram por momentos anômalos, mesmo assim, não foram descartadas.

Os problemas conceituais são mais fáceis de serem identificados do que resolvidos, podem ser denominados em i) internos, emergem do reconhecimento de que uma teoria apresenta insatisfações conceituais e apresenta relações de maneira contraditória; ii) externos, surgem quando uma teoria entra em conflitos com outra teoria, ou seja, são teorias que disputam por uma posição de sustentação. As teorias entram em tensões e nesse período, ambas apresentam problemas conceituais.

Como os principais elementos do modelo de Laudan (1977), entende-se que a solução de problemas empíricos e conceituais é a base fundamental do progresso científico. Bem

como, entende-se que o objetivo da Ciência é aumentar o número de problemas empíricos resolvidos, assim como, ampliam a resolução de problemas anômalos e conceituais. Desse modo, a efetividade de uma teoria na resolução de problemas depende da compensação entre problemas resolvidos e não resolvidos.

### **2.1.2 No contexto pedagógico**

A Resolução de Problemas como uma metodologia didática, além de articular o pensamento crítico e reflexivo, também propõe uma evolução cognitiva de relações e conexões com os objetos de estudo, com situações instigantes e orientadas pelo educador. Dewey (1959) denomina o pensamento reflexivo como uma ferramenta elementar na construção do conhecimento.

Uma situação problema emerge naturalmente quando os conhecimentos tácitos e as conexões cognitivas disponíveis não contemplam a situação com todas as ferramentas necessárias para solucionar. Logo, a construção do conhecimento ocorrerá progressivamente na procura e nas tentativas de resolver os problemas emergentes, pois para haver solução é preciso buscar informações novas para construir relações que satisfaçam nossas incertezas. Nessa perspectiva, resolver problemas exigirá do aluno atitude e esforços para construir suas próprias concepções sobre a situação (POZO, 1998).

Para Pozo (1998), enfrentar situações problemáticas abrange um caminho estratégico que nem sempre leva o indivíduo a uma solução direta. Mas todo processo criativo e reflexivo que o aluno produz deve ser considerado e repensado junto ao professor orientador, sendo a reformulação do problema uma parte desse processo. O professor, como orientador, é o propulsor do pensar criticamente nos seus alunos, lançando-os à construção do conhecimento, cooperativamente e sempre prestigiando seu progresso intelectual (HERNÁNDEZ, 1998). Para isso, suas vivências e seus conhecimentos tácitos precisam ser considerados e otimizados pelo professor enquanto orientador (DEWEY, 1959).

Dewey (1959) propõe momentos heurísticos<sup>4</sup>, que acontecem durante o processo de resolver problemas orientados: i) identificação do problema, quando um problema é lançado para o aluno, estabelecendo quais são as principais dúvidas que emergem da situação, composta de contexto com relevância cultural e social que desperte a curiosidade e instigue o

---

<sup>4</sup> Heurística se refere à descoberta e serve de ideia diretriz numa pesquisa, de enunciação das condições da descoberta científica. Diz-se que um método é heurístico quando leva o aluno a descobrir aquilo que se pretende que ele aprenda: a maiêutica socrática é, por excelência, um método heurístico. (disponível em: <[http://dutracarlito.com/dicionario\\_de\\_filosofia\\_japiassu.pdf](http://dutracarlito.com/dicionario_de_filosofia_japiassu.pdf)>. Acesso em: 19 dez. 2014).

estudante; ii) definição do problema, é preciso reconhecer os objetivos do problema, o que se pretende compreender com esta situação, o que o problema está exigindo do aluno. Definido isso, é possível abordar com os estudantes assuntos norteadores da questão problema; iii) produção de hipóteses, como possíveis soluções do problema. Nesse âmbito, o aluno pode criar suas próprias relações que o conduzem a um pensamento científico, na busca de respostas que explique a situação de forma que esta seja satisfeita; iv) desenvolvimento das hipóteses e reflexão sobre suas características. Esse espaço tem como propósito, promover a reflexão do aluno sobre suas hipóteses e se essas podem ser confiáveis, coerentes e capazes de satisfazer o problema norteador. Após as hipóteses serem levantadas, é necessário estudá-las e reconhecer suas representações epistêmicas; v) comprovação das hipóteses. Depois de alcançar uma hipótese coesa e definida, o estudante pode socializar todos os mecanismos que construiu para compreendê-la como a solução capaz de contemplar com eficácia, ou não, a situação problema.

Quando os conteúdos são abordados em sala de aula como um problema, o aluno pode participar ativamente na tentativa de solucioná-lo. Logo, ele estará incluso no processo do aprender. Assim, o conteúdo deixa de ser algo meramente obrigatório, surgindo de uma ação contextualizada que seja capaz de despertar a curiosidade do estudante (DEWEY, 1959).

O aluno precisa ser desafiado e provocado a levantar suas opiniões sobre o que está acontecendo a sua volta. De acordo com Pozo (1998), o professor pode lançar problemas nos quais os alunos serão os investigadores e construirão o seu saber. Eles não estão designados a receberem informações prontas e explicações fechadas dos professores, pois podem buscar as informações e produzirem criticamente suas opiniões, mediadas pelas intervenções do educador. Os problemas a serem propostos para os estudantes devem ser contextualizados, capazes de intuir as relações dos conceitos às situações emergentes do cotidiano, mas que considerem os conhecimentos tácitos do aprendiz, não extrapolando o seu nível cognitivo nem ser de fácil compreensão, que neste caso se torna um exercício, não uma situação problema, capaz de permitir que o aluno seja confrontado e desafiado a investigar expandindo a novas concepções (POZO, 1998). Um problema é uma situação em que o estudante além de possuir técnicas e conhecimentos constituídos, ele ainda é capaz de construir novos conceitos, diferente de um exercício, que se resume a repetição do que o estudante já conhece para resolvê-lo (SILVA; NÚÑEZ, 2007).

Então, caracteriza-se o termo problema como uma situação que um indivíduo ou um grupo deseja ou necessita resolver, mas não dispõe de um caminho rápido e direto que o

conduza à solução (POZO, 1998). Uma situação só será descrita como um problema quando se reconhece a indisponibilidade de procedimentos para solucioná-la, que se impõem ao educador orientar e guiar os estudantes (SILVA; NÚÑEZ, 2007).

Conforme Sacristán e Gomez (1998), o professor é o instigador de um ambiente dialogado e cooperativo com seus alunos. Assumindo a função de orientador, ele conduz as ações em sala de aula, onde as trocas de vivências são mútuas, guiando seus alunos em um caminho de possibilidades para construir seus conhecimentos, fundamentado na exploração reflexiva decorrentes de um meio interativo e problematizado.

Desta forma, é importante a intervenção do professor como provocador de incertezas que inquietem o pensamento dos alunos. Como mediador, é ele quem ajuda através das percepções das atitudes dos estudantes, reconhecendo a existência das dificuldades e explorando o raciocínio lógico, as estratégias e como o estudante busca solucionar essas dificuldades, direcionado e sugerindo o melhor caminho a ser seguido (HERNÁNDEZ, 1998).

## **2.2 Física Moderna e Contemporânea**

O estudo da Física, em geral, tem a intenção de explicar as conexões sistemáticas entre o idealismo com o mundo dos fenômenos (EINSTEIN; INFELD, 2008). Desse pressuposto, consideremos o Ensino da Física como um dispositivo para despertar o pensamento científico nos estudantes, potencializando uma visão atual das Ciências e correlacionando com as emergentes tecnologias e suas relevâncias no meio social e cultural.

### **2.2.1 No contexto Histórico e Filosófico**

Conforme Einstein e Infeld (2008), os resultados científicos conduzem a uma alteração no viés filosófico, sobre problemas que muitas vezes extrapolam a própria Ciência. O que leva a questionar, qual é a essência da Ciência? O que deve ser contemplado em uma teoria que tenta descrever a natureza? Começando pela tentativa em compreender e explicar o movimento dos corpos, comumente, direcionamos nossa imaginação de modo que descrevemos este fenômeno como sendo causado por uma força. Seja o empurrando, o puxando ou o pressionado. Acreditando que se aplicarmos uma força maior, a velocidade que o corpo atinge ao se deslocar, também será maior (EINSTEIN; INFELD, 2008).

Parece natural concluir-se que a velocidade do corpo será tanto maior quanto mais forte for a ação sobre ele exercida. Uma carruagem tirada por quatro cavalos andarà mais rápido que outra puxada por apenas dois. A intuição nos diz por tanto que a velocidade está essencialmente ligada à ação (EINSETIN; INFELD, 2008, p. 15).

Essa ideia de movimento permaneceu por milhares de anos. Galileu no século XVII deu um passo importante para o começo do pensar a Física. Desconsiderando hipóteses tomadas com base na intuição, Galileu realizou observações experimentais. A descrição correta dessa intuição do movimento resultou mais tarde na lei da inércia e nas três leis da Mecânica Newtoniana, descrita por Newton. Ele também foi o primeiro a explicar o enigma das cores. Em 1666, Newton construiu um prisma que, após ser atravessado pela luz branca do Sol, se decompôs nas cores da faixa do visível. Ele apresentou a ideia da luz como uma substância, e que todos os corpúsculos de luz teriam a mesma velocidade no espaço vazio, embora fosse uma hipótese fragmentada. Um contemporâneo a Newton, Huygens, propõe uma nova teoria, apresentando a definição ondulatória da Luz, sendo que o conceito de corpúsculo é substituído pelo de ondas de diferentes comprimentos (EINSTEIN; INFELD, 2008).

Durante a segunda metade do século XIX, novas ideias foram introduzidas nas concepções Físicas, levando a novos pontos de vista Filosóficos. As investigações de Faraday, Maxwell e Hertz, relacionado à Eletricidade, Magnetismo e Ótica, levaram ao início das pesquisas sobre a interação entre a matéria e a radiação eletromagnética, o que originou a Física Moderna. Maxwell demonstrou que o princípio de conservação de cargas de uma distribuição só pode ocorrer quando fluxos variáveis de campo elétrico induzem o surgimento de campo magnético. Devido isto, se sabemos o campo eletromagnético no espaço em um dado instante será possível deduzir como o campo inteiro se comportará no espaço e no tempo. Hertz foi o primeiro a demonstrar experimentalmente a existência de ondas eletromagnéticas e confirmou que a sua velocidade é igual à velocidade da luz (299 792 458 m/s), o fato das velocidades serem as mesmas, indica uma íntima relação entre os fenômenos óticos e eletromagnéticos (EINSTEIN; INFELD, 2008).

Maxwell descreveu os fenômenos elétricos e magnéticos utilizando as noções de linhas de campo elétrico e magnético, introduzidas por Faraday. Estas linhas são distribuídas de maneira contínua e deram origem ao conceito de campo eletromagnético. É através destas linhas de campo que ocorrem as interações de forças eletromagnéticas. Com a introdução do conceito de campo eletromagnético, criou-se naturalmente a questão de como estes campos interagem com a matéria. Diversos fenômenos foram descobertos, entre eles: radiação térmica do corpo negro, linhas espectrais de emissão e de absorção e o efeito fotoelétrico. Todos esses fenômenos corroboraram com a ideia sugerida por Planck em 1900, de que as trocas de

energia eletromagnética são quantizadas, isto é, acontecem discretamente envolvendo pacotes de energia (PIRES, 2008).

Denominou-se Física Moderna o conjunto de descobertas revolucionárias que aconteceram nos primeiros anos do século XX. Estes novos paradigmas vieram a complementar a Física Clássica, que era fundamentada nas Leis de Newton do século XVII e no eletromagnetismo do século XIX. As leis da mecânica newtoniana são amplamente utilizadas e relevantes para o mundo macroscópico. Entretanto para se compreender o mundo microscópico dos átomos e das moléculas, é necessário utilizar os fundamentos da Física Quântica (MOURA, 2011).

### **2.2.2 No contexto Moderno e Contemporâneo: O Quanta, o início da Física Quântica e Efeito Fotoelétrico**

Ao final do século XIX a teoria cinética dos gases, baseada na mecânica Newtoniana, estava muito bem fundamentada. Esta teoria descreve corretamente o comportamento termodinâmico dos gases e nela são fundamentais os conceitos de átomos e moléculas. Além disto, em 1897 J.J.Thomson descobriu que os raios catódicos eram compostos por partículas microscópicas de carga elétrica negativa. Foi à primeira partícula fundamental descoberta, o elétron. Dentro deste contexto, no início do século XX cientistas começaram a investigar a microscopia dos sólidos, procurando elucidar a estrutura interna dos átomos. O famoso experimento de retroespalhamento de Rutherford tornou evidente a existência de núcleos atômicos, onde estão concentradas as cargas positivas dos átomos (FILHO; SARAIVA, 2014).

Os experimentos de Ernest Rutherford (1871-1937) em 1909, auxiliado por Hans Geiger (1882-1945) e Ernest Marsden (1889-1970), bombardeando folhas de ouro com partículas alfa (íons de hélio), resultando que 1 em cada 20000 partículas incidentes eram refletidas na mesma direção de incidência, demonstraram que os átomos são compostos de um pequeno núcleo, com carga elétrica positiva, rodeado por uma nuvem de elétrons, com carga elétrica negativa. Esses elétrons não poderiam estar parados, pois eles cairiam em direção ao núcleo devido à atração coulombiana, então Rutherford propôs que os elétrons estariam girando em torno do núcleo em orbitas circulares. (FILHO; SARAIVA, 2014, p. 215)

Entretanto, o problema da estabilidade do núcleo não se resolvia, pois os elétrons, ao orbitarem o núcleo, deveriam necessariamente descrever trajetórias curvas e, portanto, aceleradas. Segundo a teoria eletromagnética, toda carga elétrica acelerada emite energia na forma de radiação. O elétron perderia energia e acabaria caindo no núcleo. Por isso esse modelo atômico não foi satisfatório. Em 1913, estudando o átomo de hidrogênio, Bohr conseguiu formular um novo modelo atômico. Neste novo modelo, ele utilizou a ideia de

quantização de Planck. Bohr percebeu que ao receber energia eletromagnética, os elétrons de um átomo podem migrar em níveis discretos absorvendo ou liberando energia radiante na forma de luz, com determinados comprimentos de onda específicos do elemento. Este seria um mecanismo que explicaria as linhas de emissão espectroscópicas.

O espectro eletromagnético é composto por um grande intervalo de diferentes comprimentos de ondas, desde  $10^{-15}$  m (1 femtometro, 1 fm) até 100 km: Raios Cósmicos, Raios gamas, Raios X, Ultravioleta, Visível, Infravermelho, Micro-ondas e Ondas de Rádio. Nosso cérebro reconhece os comprimentos de ondas da faixa da luz visível como diferentes cores: o violeta, azul, verde, amarelo, laranja e vermelho. A luz do Sol que enxergamos a olho nú é a soma das várias ondas eletromagnéticas na faixa do visível (SILVA, 2006).

Durante o período entre 1859 e 1860, Gustav Robert Kirchhoff (1824 – 1887), definiu o corpo negro como um corpo capaz de absorver toda a luz incidente sobre ele, um absorvedor perfeito, mas também um emissor perfeito. O corpo negro emite um espectro contínuo de radiação eletromagnética. Este espectro possui certas propriedades que lhe são características e que dependem essencialmente da temperatura do corpo negro (FILHO; SARAIVA, 2004). Rayleigh (1842-1919) desenvolveu uma teoria para descrever o espectro de radiação do corpo negro. A teoria de Rayleigh implica em uma emissão de radiação divergente para baixos comprimentos de onda, particularmente notável na faixa do ultravioleta. Devido a isto, um corpo negro deveria emitir uma quantidade infinita de energia, resultado absurdo, que ficou conhecido como catástrofe do ultravioleta. Para superar este problema da emissão e a da absorção do Ultravioleta, Max Planck (1858 – 1947) propôs em 1900 que as trocas de energia não eram contínuas. Segundo Planck, quando um objeto emite ou absorve energia radiante, isto se dá de maneira quantizada em múltiplos inteiros de uma porção mínima, que denominou de Quantum. Cinco anos depois, Einstein, propôs que a luz também se apresenta quantizada. Os trabalhos de Planck e Einstein demarcaram o começo do estudo dos fenômenos quânticos microscópicos. No período de 1900 a 1920 desenvolveu-se uma primeira versão da Física Quântica. (HEWITT, 2011).

Segundo Planck e Einstein, a energia de um quanta de radiação é proporcional a sua frequência. O quanta de radiação atualmente é denominado fóton, a energia do Fóton corresponde a:

$$E = hf \tag{1}$$

A equação (1) “expressa a menor quantidade de energia que pode ser convertida em luz de frequência  $f$ .” (HEWITT, 2011, p. 555), onde  $f$  é proporcional a velocidade da luz e

inversamente proporcional ao seu comprimento de onda  $\lambda$ , e  $h$  representa a constante de Planck, o quociente entre a energia pela sua frequência, sendo o seu valor de  $4,136 \times 10^{-15}$  eVs. A radiação luminosa se manifesta como uma corrente de fótons, que vibram com uma determinada frequência  $f$ , cada um deles transportando energia igual à  $hf$  (HEWITT, 2011).

No início do século XX sabia-se que, ao se fazer incidir radiação ultravioleta sob um metal, elétrons são arrancados com uma determinada energia cinética que dependem apenas do material e da frequência da luz incidente (BAUER; WESTALL; DIAS, 2013). A este fenômeno foi atribuído o nome de Efeito Fotoelétrico. Então, em 1905, Einstein sugeriu que um elétron ejetado de uma superfície metálica exposta à luz recebe a energia necessária de um único fóton (HEWITT, 2011). Portanto, Einstein sugeriu que fótons conseguem extrair elétrons de uma placa, cada fóton sendo responsável por um único elétron ejetado. Os elétrons extraídos geram uma corrente fotoelétrica. Isto ocorre para fótons com uma frequência apropriada, comumente na faixa do ultravioleta.

Ainda segundo Einstein, para uma dada frequência, a intensidade da luz é proporcional ao número de fótons que atinge a superfície do metal por unidade de tempo. Entretanto, toda a energia de um fóton será absorvida por um único elétron. Um elétron, que está na superfície de um metal, se submete a uma forte energia potencial atrativa da própria superfície. Essa energia potencial chamou-se de função trabalho ( $\phi$ ), e necessita ser vencida para que a emissão ocorra, representando a quantidade de trabalho necessário para emissão de um elétron (HEWITT, 2011). Quando a energia do fóton for superior ao trabalho  $\phi$ , o elétron ejetado terá uma energia cinética igual à:

$$\frac{mv^2}{2} = h\nu - \phi \quad (2)$$

Esta equação fornece a frequência de corte ( $\nu_c$ ), que ocorre quando a energia cinética do elétron ejetado é nula,  $\phi = h\nu_c$ . Quando  $\nu < \nu_c$  a energia do fóton não é suficiente para produzir a ejeção de um elétron. Para metais, tipicamente, o trabalho necessário fica entorno de 4 eV e 6 eV. Esta faixa de energias corresponde a frequências de corte que se encontram no ultravioleta ( $789 \text{ THz} < \nu(\text{ultravioleta}) < 3 \times 10^4 \text{ THz}$ ,  $1 \text{ THz} = 1 \times 10^{12} \text{ THz}$ ). Por exemplo, para o Alumínio:  $\phi = 4,08 \text{ eV}$ ,  $\nu_c(\text{Al}) = 987 \text{ THz}$ .

O Efeito Fotoelétrico foi, a princípio, observado por Heinrich Hertz, em 1886, e demonstrado por Robert A. Millikam, em 1916. Essa ideia foi concluída por Compton. Mas foi Gilbert Lewis (1875 – 1946) quem adotou o nome de Fóton, em 1926 para denominar ao

quantum de energia (BAUER; WESTALL; DIAS, 2013). A solução, dada pela equação (2) foi apresentada por Einstein em 1905, sendo que cada peculiaridade da sua proposta foi confirmada experimentalmente, inclusive a proporcionalidade direta entre a energia do fóton e a frequência. Devido isso, Einstein recebeu o prêmio Nobel de Física em 1921 (HEWITT, 2011) e suas contribuições impulsionaram o desenvolvimento científico e a evolução da microeletrônica e de diversas tecnologias.

### **2.3 Física Moderna e Contemporânea na Resolução de Problemas**

Física Quântica, Efeito Fotoelétrico e Astronomia, são tópicos da FMC, que são pouco trabalhados no Ensino Médio, entretanto, os mesmos são importantes para promover a compreensão dos conceitos norteadores dessa temática e suas relações com o cotidiano. Por isso, essa é uma área profícua que necessita ser estimulada e desenvolvida nas escolas de Ensino Médio.

A metodologia possibilita a contextualização dos conceitos e a conexão dos mesmos para a formação intelectual dos estudantes. Assim, o professor lança problemas fundamentados em fatos atuais ou históricos que possam contribuir para complementar o conhecimento dos estudantes, diferente de exercícios com aplicações de fórmulas com base em uma concepção isolada e muitas vezes distante das vivências e do interesse do aprendiz.

O ensino de FMC articulado com a metodologia de Resolução de Problemas contribui para a formação de cidadãos integrais, capazes de tomar decisões coerentes relativas a diversos assuntos em amplas dimensões como temas relacionados a tecnologias, meio ambiente, saúde e sustentabilidade.

A relação entre Ensino de Física através da metodologia Resolução de Problemas apresenta-se como importante fator para o estímulo da criatividade dos estudantes a aprenderem Física e a fazerem parte dela, permitindo que os mesmos sintam-se e atuam como pesquisadores, bem como oportunizando a liberdade de ação do professor enquanto promotor da metodologia (SILVA; NÚÑEZ, 2007).

### **2.4 Revisão Bibliográfica: Física Moderna e Contemporânea e Resolução de Problemas no Ensino Médio**

Os estudos teóricos levantados nesta investigação instigaram a realizar uma revisão de artigos publicados em revistas de Ensino de Ciências e de Física, com a intenção de constatar trabalhos relacionados ao ensino de FMC com a metodologia Resolução de Problemas e, que

apresentem produções e intervenções realizadas em sala de aula com alunos de Ensino Médio. Para isso, foi realizada uma pesquisa bibliográfica em três revistas na área de ensino, na qual utilizou-se a lista de periódicos qualis/CAPES, classificados em estratos de qualidade A1 e A2: Investigação no Ensino de Ciências (IENCE: <http://www.if.ufrgs.br/ienci/> - ISSN 1518-8795), Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias (REEC: [http://reec.uvigo.es/REEC/spanish/ REEC\\_older\\_es.htm](http://reec.uvigo.es/REEC/spanish/ REEC_older_es.htm) - ISSN 1579-1513) e a Revista Brasileira de Ensino de Física (RBEF: <http://www.sbfisica.org.br/rbef/edicoes.shtml> - ISSN 1086 - 9126) no período de 2005 a 2014.

A busca foi realizada por palavras-chave; pelos títulos dos artigos; pela leitura dos resumos e, em alguns casos, envolveu a leitura do documento completo. Nessa primeira busca foram utilizadas as seguintes palavras-chave: Resolução de Problemas (40 artigos), situação problema (4 artigos), problematização (4 artigos), problemas (31 artigos), FMC (30 artigos), Física Quântica (75 artigos), Efeito Fotoelétrico (4 artigos) e Astronomia (46 artigos). Ao todo foram encontrados 232 artigos relacionados.

#### 2.4.1. Análise e discussão dos dados da revisão bibliográfica

No Quadro 1 temos uma visão geral dos periódicos que compõem a amostra e o total de artigos encontrados.

Quadro 1 - Periódicos pesquisados e totais de artigos encontrados (2005 - 2014)

| <b>Identificação do Periódico</b> | <b>Periódico</b>                                 | <b>Total de artigos</b> |
|-----------------------------------|--|-------------------------|
| IENCE                             | Investigação no Ensino de Ciências               | 27                      |
| REEC                              | Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias | 31                      |
| RBEF                              | Revista Brasileira de Ensino de Física           | 174                     |
| <b>Total</b>                      |  | <b>232</b>              |

Fonte: quadro elaborado pela pesquisadora.

Após a busca por essas expressões, os artigos selecionados foram novamente submetidos à análise por meio de agrupamentos de palavras-chave, buscando articular FMC à Resolução de Problemas. A seguir o Quadro 2 apresenta o número de artigos encontrados para as palavras-chave FMC e Resolução de Problemas.

Quadro 2 - Artigos encontrados em cada revista por palavras-chave

| <b>Expressões</b>            | <b>IENCE</b> | <b>REEC</b> | <b>RBEF</b> |
|------------------------------|--------------|-------------|-------------|
| Resolução de Problemas       | 11           | 14          | 13          |
| Situação Problema            | 2            | 2           | -           |
| Problematização              | 2            | 1           | 1           |
| Problemas                    | 5            | 2           | 24          |
| FMC                          | 3            | 2           | 25          |
| Física Quântica              | 3            | 3           | 67          |
| Efeito Fotoelétrico          | -            | 1           | 3           |
| Astronomia                   | 1            | 5           | 40          |
| FMC e Resolução de Problemas | -            | 1           | 1           |

Fonte: quadro elaborado pela pesquisadora.

A partir dos artigos analisados nas revistas de Ensino de Ciências, percebeu-se que há poucos trabalhos publicados com a temática FMC, Física Quântica, Efeito Fotoelétrico e Astronomia, enquanto na revista de Ensino de Física o número de publicações na área é significativamente superior, devido ser especificamente de Física. No entanto, poucos são direcionados ao Ensino Médio, sendo a maioria, apresentados como proposta didática, sem envolvimento de intervenções na Educação Básica.

Referente à FMC e Resolução de Problemas, apenas dois artigos foram encontrados. Em um dos artigos, Ostermann *et al.* (2008) apresentam conceitos fundamentais da epistemologia de Larry Laudan na perspectiva da Física Quântica como um exemplo de tradição de pesquisa, que é uma unidade de análise proposta por sua metodologia. Destacando que as ideias de Laudan ainda têm pouco impacto na pesquisa em Ensino de Física, mas são relevantes no ponto de vista didático em disciplinas de história e epistemologia da Física em cursos de formação de professores. No outro artigo, Yamashita (2008), apresenta um método numérico como proposta a ser utilizado por alunos de graduação para a solução de problemas em Física Quântica de poucos corpos. Descrevendo o método aplicado a dois problemas de dois corpos geralmente vistos pelos estudantes: o do átomo de hidrogênio e o dêuteron, propondo que o método, pode ser estendido para três ou mais partículas através da equação de Schroedinger.

Não foram encontrados artigos relacionados como o proposto nesta pesquisa, pois os artigos são direcionados para o ensino especificamente de Física Quântica em cursos de graduação. Logo FMC articulada à metodologia de Resolução de Problemas é uma área ampla para ser abordada e repensada na perspectiva do ensino e aprendizagem de Física no Ensino Médio.

### **3 METODOLOGIA E CONTEXTO DA PESQUISA**

#### **3.1 Análise Qualitativa**

Nesta investigação, foi realizada uma análise qualitativa, que de acordo com Lüdke e André (1986), ocorre em três etapas: i) exploração: objetiva conhecer a questão problemática, se familiarizar e conhecer melhor os aspectos da situação que se deseja investigar. Nesta fase, o processo de coleta de informações, permite o surgimento de muitas variáveis e hipóteses que serão determinantes na sequência da pesquisa, interferindo de maneira significativa na percepção dos fatos que procedem à investigação; ii) definição: a análise é sistemática, buscando interpretar os dados coletados e seus principais enfoques e significados para a pesquisa; iii) descoberta: neste é possível concretizar a verificação das hipóteses preliminares e explicar com base na investigação, a realidade descoberta.

Os resultados obtidos para análise foram coletados durante a realização de intervenções em sala de aula, a partir da aplicação de dois questionários, um inicial e um final para destacar as principais opiniões do estudante sobre as aulas de Física e suas impressões quanto à metodologia de Resolução de Problemas. Todos os encontros foram registrados em gravação de áudio incluindo a utilização de um diário de bordo para descrição das atividades desenvolvidas e reflexão sobre as ações. Também foi analisado o relatório solicitado ao estudante, este foi produzido após a resolução de cada situação problema.

#### **3.2 Contexto da pesquisa**

As intervenções foram realizadas em uma escola da rede pública da zona urbana localizada no centro da cidade de Caçapava do Sul/RS. Nesta escola há atuação de aproximadamente 63 docentes e 11 funcionários. Possui diferentes modalidades de Ensino que são: Ensino Fundamental, Ensino Médio Politécnico, Cursos Técnicos (Contabilidade e Administração) e Curso Normal (Magistério e Aproveitamento de Estudos - AE). A escola conta com aproximadamente 1100 estudantes e recebe alunos de classe média e baixa, da zona rural e urbana.

A investigação foi realizada durante o Estágio de Física II, componente curricular do Curso de Licenciatura em Ciências Exatas. Este é dividido em Regência, vinte horas (20 h) e, GEO, vinte horas (20h). Para o GEO, os estudantes foram convidados a participarem. O mesmo foi proposto em período inverso das aulas. Os encontros ocorreram em forma de oficinas (sete), com duração de três horas (3h) cada, nos meses de outubro e novembro de

2014. Foram convidados alunos do 2º e 3º Ano do Ensino Médio da escola, mas apenas um aluno do 3º ano do Ensino Médio interessou-se em participar das atividades.

### 3.4 Instrumentos utilizados

Considerando a tentativa de abordar os conceitos Física Quântica, Efeito Fotoelétrico e Astronomia, reconhecendo suas potencialidades articulando com contexto social, cultural e tecnológico, vinculando com metodologia de Resolução de Problemas, o estudo fluiu com o auxílio de blocos de problemas (Quadro 3), favorecendo a contextualização e construção de concepções quanto a FMC e algumas de suas aplicações. Abaixo estão descritos os problemas que foram produzidos pela pesquisadora.

Quadro 3 – Blocos de problemas

| <b>Problema 1 (P1)</b>  |
|---|
| Quando vamos a um shopping, é comum a presença de portas adaptadas com dispositivos tecnológicos que detectam a presença do indivíduo, assim, abrindo para que a pessoa entre e saia sem precisar tocá-la ou empurrar. Semelhante fenômeno ocorre em alarmes instalados em automóveis e residências, como meio de segurança e prevenção a furtos ou danos, basicamente, ao perceber o movimento, o alarme sinaliza emitindo sons altos como maneira de anunciar a presença de algo se movendo próximo ao carro ou dentro da casa. O que explica o fato desses dispositivos detectarem um movimento e sua sensibilidade em reconhecer a proximidade de objetos?  |
| <b>Problema 2 (P2)</b>  |
| Ao sair de casa percebemos os postes de luz fixados nas ruas da cidade, que tem a função de iluminar as calçadas e estradas durante a noite, para proporcionar aos cidadãos melhor visualização do ambiente e conforto, mas durante o dia permanecem apagados. Também percebemos ao viajar os radares e lombadas eletrônicas que registram a velocidade dos automóveis, com a finalidade de garantir a segurança no trânsito e reduzir os acidentes causados pelo excesso de velocidade e imprudência de muitos motoristas. Explique por que as luzes dos postes parecem se ligar e apagam sozinhas, o que realmente acontece? Como funcionam os radares e lombadas eletrônicas? Elas terão o mesmo funcionamento a noite e em dias de chuva e com neblina? |
| <b>Problema 3 (P3)</b>  |
| Para economizar energia elétrica e diminuir impactos ambientais, as pessoas estão recorrendo ao uso de energias renováveis como técnica para amenizar este problema. Uma dessas técnicas é a adaptação de tetos solares nas residências. Mas o que são energias renováveis? Como funcionam os tetos solares?  |
| <b>Problema 4 (P4)</b>  |
| O estudo de Astronomia não se limita a compreensão dos astros, também apresenta um importante papel na vida terrestre e para os avanços tecnológicos. A TV, o mais conhecido instrumento de comunicação e entretenimento, sofreu grandes transformações ao longo dos anos, hoje contamos com a TV de plasma, um aparelho eficiente que apresenta imagens com alta definição. O que é o Plasma? Como funcionam as TVs de plasma?   |
| <b>Problema 5 (P5)</b>  |
| O Sol proporciona a estabilidade e a vida no planeta Terra, pois mantém aquecido a temperatura ideal para nossa sobrevivência. Garante a alimentação da vegetação que realizam a Fotossíntese graças a sua radiação, também possibilita que os animais e as pessoas possam se deleitar com sua luz e calor. Entretanto, pode ser prejudicial à saúde humana e de algumas espécies, como os porcos, cães e gatos. Por que o Sol causa câncer de pele? Como podemos nos prevenir dos danos causados pela exposição ao Sol?  |
| <b>Problema 6 (P6)</b>  |
| Após as pesquisas referentes aos problemas, demonstre um experimento que ilustre os conceitos envolvidos nas situações, ou crie uma proposta para um equipamento tecnológico, benéfico para o meio ambiente e socialmente importante, que possa ser inserido no mercado.  |

Fonte: produzido pela professora pesquisadora.

Com a utilização do bloco de problemas (Quadro 3), foi possível discutir diversos conceitos com o aluno, como o contexto histórico e filosófico das Ciências, ressaltando sua importância na tecnologia e, posteriormente, discutindo algumas características sobre o Efeito Fotoelétrico e a relevância do estudo da Física como aliada na construção de recursos que favoreçam o meio ambiente.

Também se introduziu o estudo de Astronomia sobre as estrelas e o Sol, considerando sua evolução e características, como radiação de luz, fusão, produção de elementos químicos, vento e tempestade solar. Incluindo benefícios ambientais e a importância para a evolução tecnológica, sua interação com nosso planeta e relações com o cotidiano, inserindo também os conceitos de radiação do corpo negro, o conceito de plasma retomando o estudo sobre Efeito Fotoelétrico.

### **3.5 Procedimentos investigativos**

Os problemas foram propostos durante as sete intervenções realizadas em sala de aula através do GEO. Os encontros seguiram a sequência didática de Zuliani e Ângelo (2001), que propõem:

i) *Apresentação dos Conteúdos*: os assuntos norteadores do conteúdo, neste caso, de Física Moderna e Contemporânea, são apresentados aos estudantes. Passando noções gerais do assunto, como uma introdução a uma nova proposta.

ii) *Proposição dos Problemas*: após formular um bloco de problemas, provoca-se os alunos a refletirem sobre o tema, orientando a criação de estratégias para organização do trabalho e, após o levantamento de hipóteses para possíveis respostas ao problema, os estudantes realizam pesquisas e preparação de atividades práticas.

iii) *Execução*: nessa fase, os alunos executam as atividades que montaram fundamentadas em suas investigações preliminares.

iv) *Socialização das Estratégias*: todas as ações devem ser discutidas entre os estudantes, explicitando suas conclusões e críticas consideradas significativas durante todo processo.

v) *Análise e Comparação das diferentes soluções obtidas*: as propostas são refletidas e entre os alunos e repensadas conforme as relações que os mesmos adotaram para formularem suas ideias.

vi) *Aplicação do pós-diagnóstico*: professor avalia quais foram as potencialidades desenvolvidas pelos alunos e os aspectos relevantes para a aprendizagem efetiva dos seus educandos.

vii) *Produção e entrega de Relatórios*: como uma ferramenta de registros de dados das atividades, o aluno elabora um relatório descritivo e reflexivo sobre suas concepções de toda sua trajetória e envolvimento com o trabalho.

Essa sequência didática possibilita que o trabalho ocorra de forma organizada e objetiva, pois nos momentos, novos estudos e conhecimentos são inseridos e diferentes habilidades e competências são desenvolvidas e estimuladas tanto para o educador quanto para o educando.

## **4 RESULTADOS E ANÁLISES**

Foi realizada uma análise sobre o questionário inicial e final produzido pela pesquisadora com a intenção de averiguar as impressões do estudante, além da descrição e reflexão sobre as intervenções realizadas durante o GEO que seguiram a sequência didática de Zuliani e Ângelo (2001). Também foi analisado o relatório final realizado pelo aprendiz.

### **4.1 Análise dos questionários**

Durante o GEO, realizou-se dois questionários, um inicial e um final, do tipo Likert<sup>5</sup> que teve por objetivo averiguar as opiniões do aluno em relação às aulas de Física. Estes questionários utilizam uma escala (1=DT Discordo Totalmente, 2=D Discordo, 3 =NO Não Tenho Opinião, 4=C Concordo e 5=CP Concordo Plenamente) indicando o grau de concordância do aluno a respeito das questões. Os gráficos apresentam os escores das respostas obtidas. O valor do escore da escala Likert é calculado fazendo-se a soma de cada um do número de alunos, multiplicando pelo valor do escore (5 para CP, 4 para C, 3 para NO, 2 para D, 1 para DT) e dividindo pelo total de alunos.

#### **4.1.1 Análise do questionário inicial**

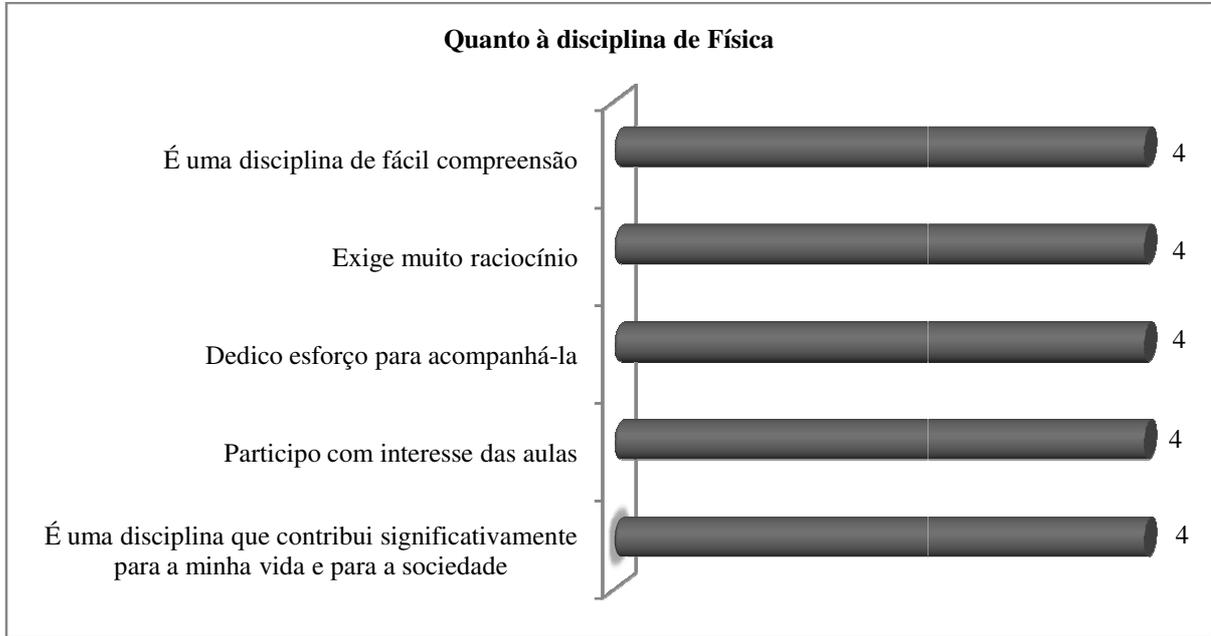
No Gráfico 1, o estudante concordou que a disciplina de Física exige muito raciocínio e que contribui significativamente para a vida e para a sociedade. Ainda concorda que

---

<sup>5</sup> A Escala Likert mede atitudes e comportamentos utilizando opções de resposta que variam de um extremo a outro. Ela permite descobrir níveis de opinião dos participantes. (Disponível em: <<https://pt.surveymonkey.com/mp/likert-scale/>>. Acesso em: 20 jan. 2015).

participa com interesse das aulas e se esforça para compreendê-la, mas não enfrenta dificuldades para isso.

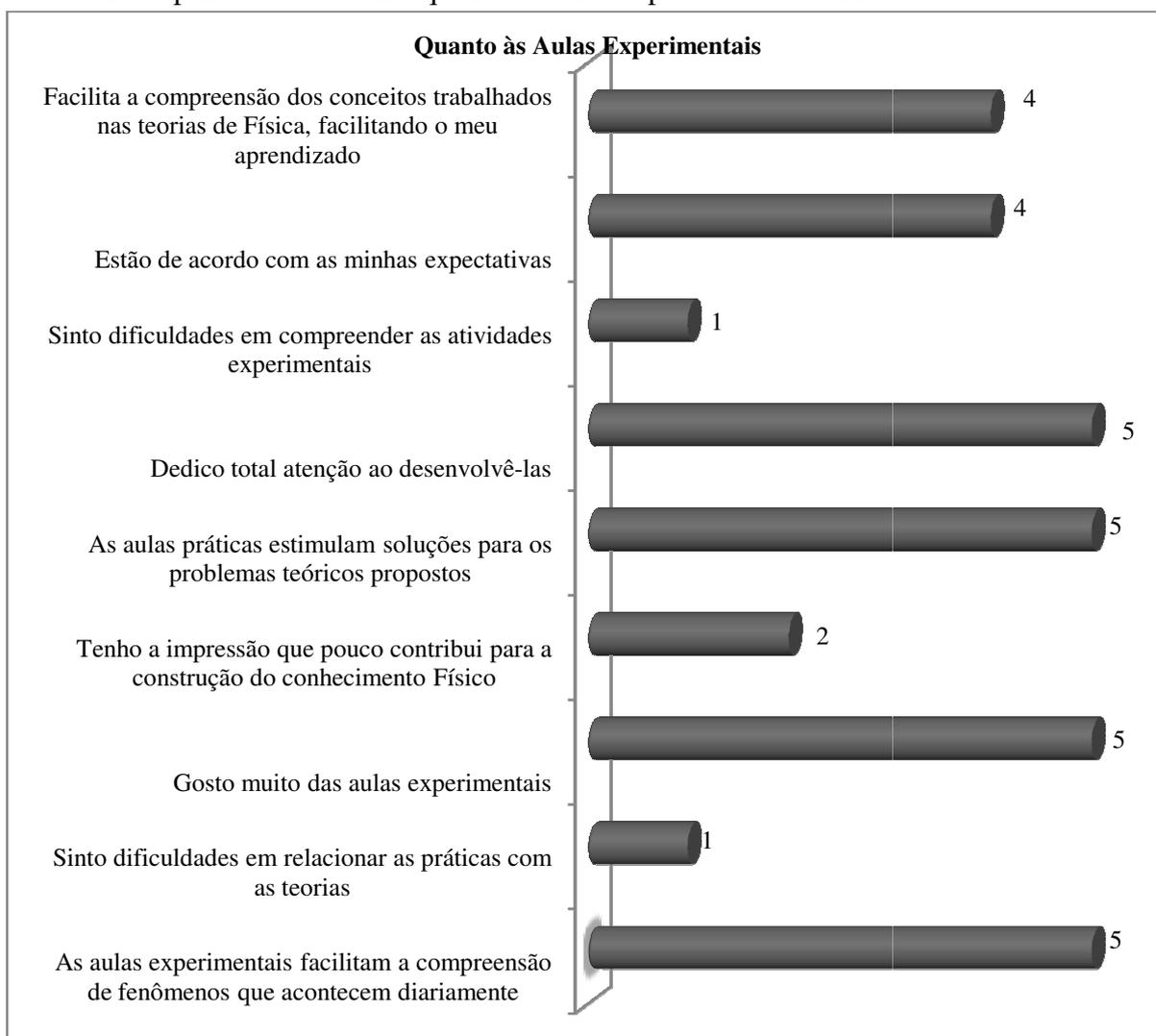
Gráfico 1 – Opinião do estudante quanto à disciplina de Física



Fonte: Dados coletados pela pesquisadora no questionário inicial.

Quanto às aulas experimentais de Física (Gráfico 2), o estudante concorda que facilitam a compreensão dos conceitos trabalhados, facilitando a relação entre as teorias e os acontecimentos cotidianos. O estudante aprecia as aulas experimentais e afirma que estão de acordo com suas expectativas. Concorda que estas estimulam soluções para problemas teóricos propostos e contribuem para a construção dos conhecimentos físicos. O estudante não tem dificuldades em compreender as atividades práticas e de relacioná-las com as teorias e com o cotidiano, acredita que contribuem para seu aprendizado e dedica atenção a desenvolvê-las.

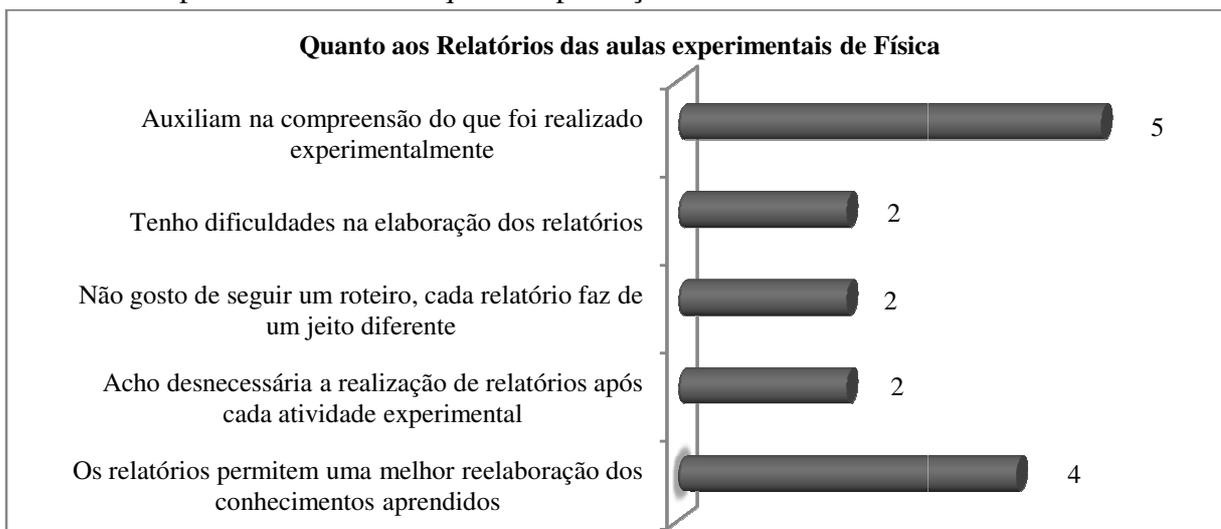
Gráfico 2 – Opinião do estudante quanto às aulas experimentais de Física



Fonte: Dados coletados pela pesquisadora no questionário inicial.

Com relação aos relatórios das aulas experimentais de Física (Gráfico 3) o estudante concorda que auxiliam na compreensão do que foi realizado no experimento, que permitem uma reelaboração dos conhecimentos aprendidos, não possui dificuldades na elaboração de relatórios, e afirma ser importante e necessário a realização de relatórios após cada atividade prática, assim como o seguir roteiros.

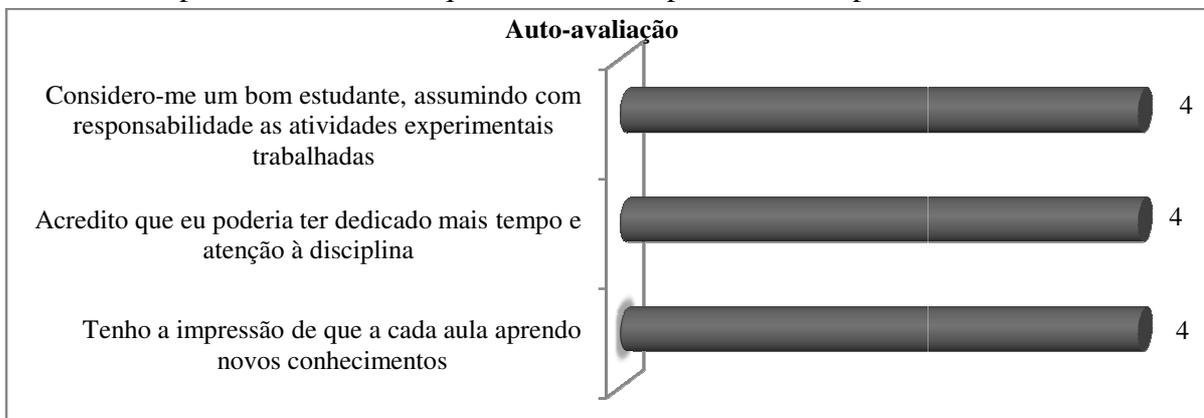
Gráfico 3 – Opinião do estudante quanto à produção de relatórios



Fonte: Dados coletados pela pesquisadora no questionário inicial.

No Gráfico 4, pode-se observar que o aluno se considera bom estudante, mesmo assim, ele acredita que poderia ter dedicado mais tempo e atenção à disciplina e concorda que a cada aula constroem novos conhecimentos.

Gráfico 4 – Opinião do estudante quanto seu desempenho na disciplina de Física



Fonte: Dados coletados pela pesquisadora no questionário inicial.

Para complementar os dados do questionário inicial e reconhecer os interesses do estudante foram solicitadas duas questões discursivas. Indagando-o sobre o que pretende fazer após o Ensino Médio e como gostaria que fossem as aulas de Física. O aluno relatou que:

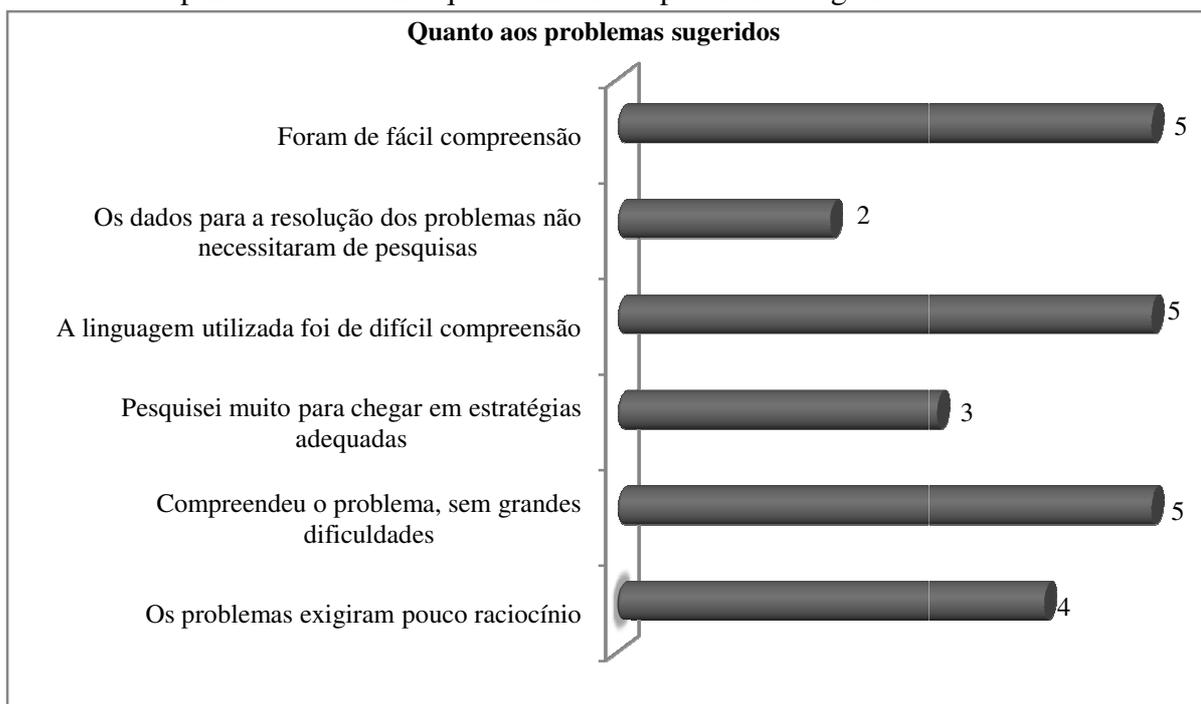
Fazer o Enem, inscrever-me no Sisu e entrar na Unipampa para fazer Geologia. Gostaria que cada mês tivesse um experimento na aula como trabalho, tivesse vídeo aula junto de alguma matéria, sendo mais dinâmica, só um pouco mais e que cada aluno levasse um experimento de acordo com as matérias que foram passadas (Dado coletado pela pesquisadora no questionário inicial: escrita do aluno).

O estudante pretende fazer uma faculdade, ingressando pelo Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) através do Sistema Unificado (SISU), logo apresenta interesse em continuar se aperfeiçoando. Com o questionário, verificou-se que ele tem interesse pela disciplina de Física. Percebesse ainda que ele gostaria que fossem realizadas atividades experimentais com mais frequência nas aulas de Física, pois considera importantes e relevantes na construção do conhecimento científico.

#### 4.1.2 Análise do questionário final

Com relação aos problemas sugeridos (Gráfico 5), o aluno afirmou que os mesmos foram de fácil compreensão, porém a linguagem utilizada apresentou-se com nível maior de complexidade, mas não tem opinião quanto a necessidade de pesquisa para chegar a estratégias adequadas. O estudante também concordou que os problemas exigiram raciocínio para serem resolvidos.

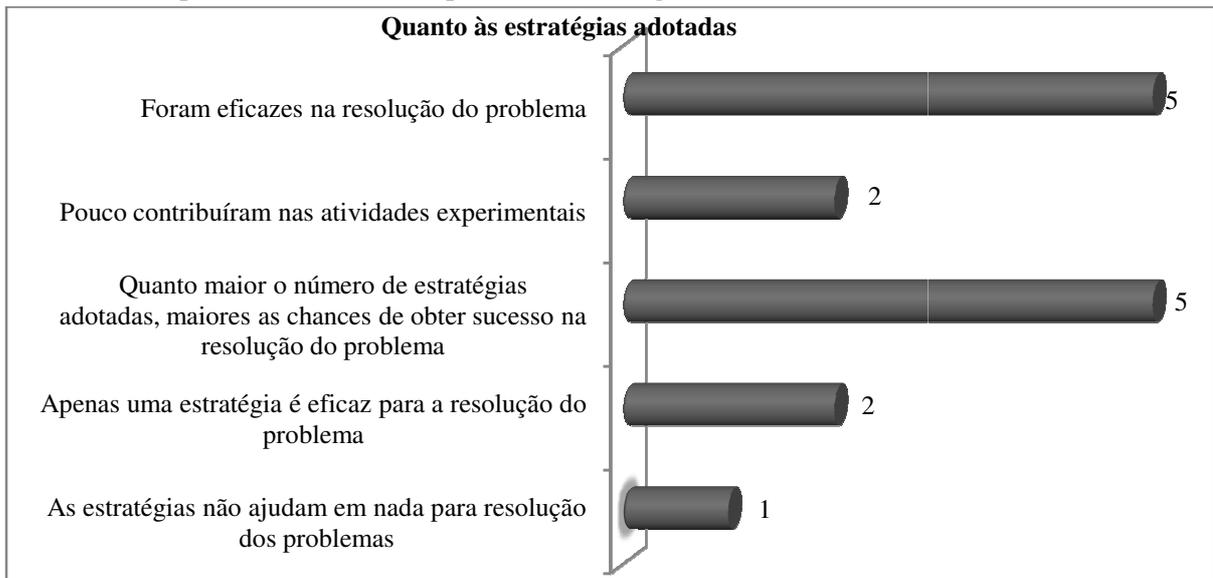
Gráfico 5 – Opinião do estudante quanto nível dos problemas sugeridos



Fonte: Dados coletados pela pesquisadora no questionário final.

Com relação às estratégias adotadas pelo estudante (Gráfico 6), ele concordou que contribuíram e foram eficazes para a resolução dos problemas. Acredita também que apenas uma estratégia não é eficiente para a resolução do problema e quanto maior o número de estratégias adotadas, maiores são as chances de se obter sucesso na resolução do problema.

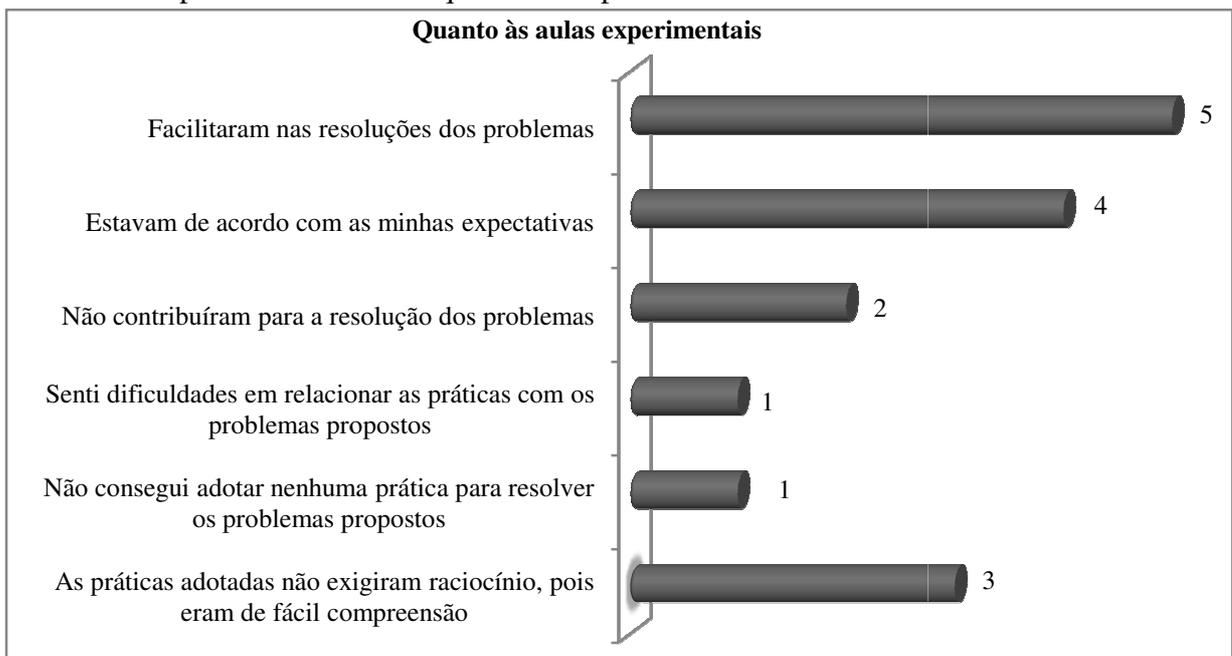
Gráfico 6 – Opinião do estudante quanto às estratégias adotadas



Fonte: Dados coletados pela pesquisadora no questionário final.

Com relação às aulas experimentais de Física (Gráfico 7), o estudante acredita que estavam de acordo com suas expectativas, que facilitam e contribuem para a resolução dos problemas. Não têm opinião quanto à necessidade de raciocínio em relação às práticas adotadas para resolver os problemas, mas não sentiu dificuldades em relacioná-las com os problemas propostos e de adotar práticas que resolvessem os mesmos.

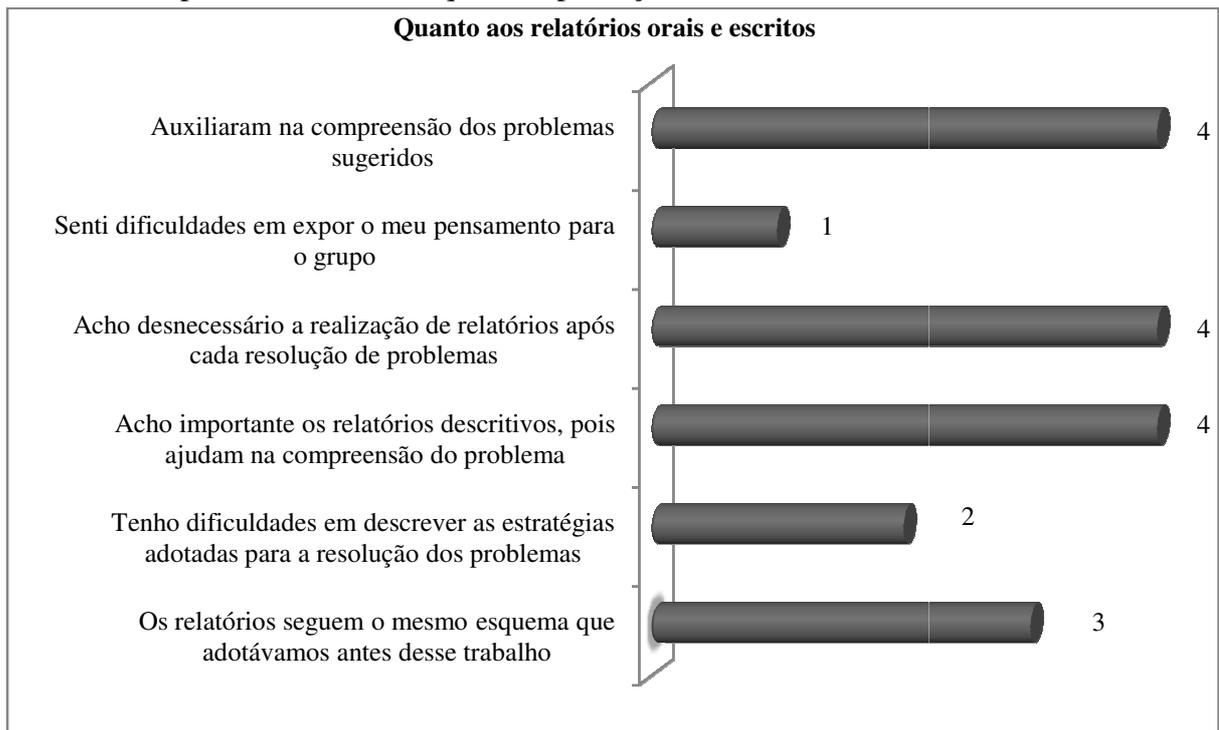
Gráfico 7 – Opinião do estudante quanto os experimentos adotados



Fonte: Dados coletados pela pesquisadora no questionário final.

Com relação aos relatórios (Gráfico 8), o estudante concordou que os relatórios descritivos são importantes, pois contribuem para compreensão do problema, mas não acha necessário a realização de relatório após a resolução de cada problema. Não sentiu dificuldades em expor seus pensamentos para a pesquisadora, nem em descrever as estratégias adotadas para a resolução dos problemas, ficou em dúvida ou não sabe se os relatórios seguem o mesmo esquema que adotavam antes deste trabalho.

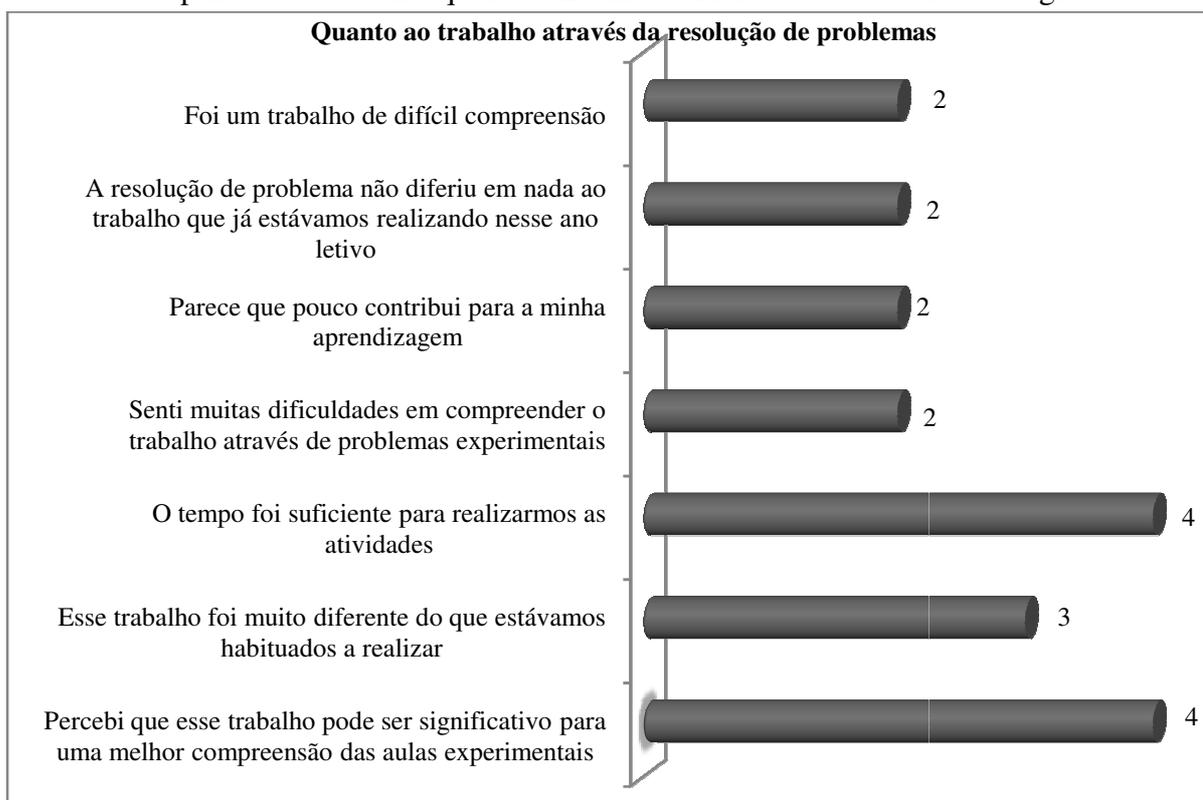
Gráfico 8 – Opinião do estudante quanto à produção de relatório



Fonte: Dados coletados pela pesquisadora no questionário final.

Quanto ao trabalho através de Resolução de Problemas (Gráfico 9) foi de fácil compreensão, não sentiu dificuldades em acompanhar o trabalho através de resolução problemas e, concordou que contribui muito para o aprendizado e achou o tempo para a realização das atividades suficiente. O estudante concordou que a metodologia se difere do trabalho que já estavam realizando durante o ano. Mas não sabe se o trabalho foi muito diferente do que estava habituado a realizar.

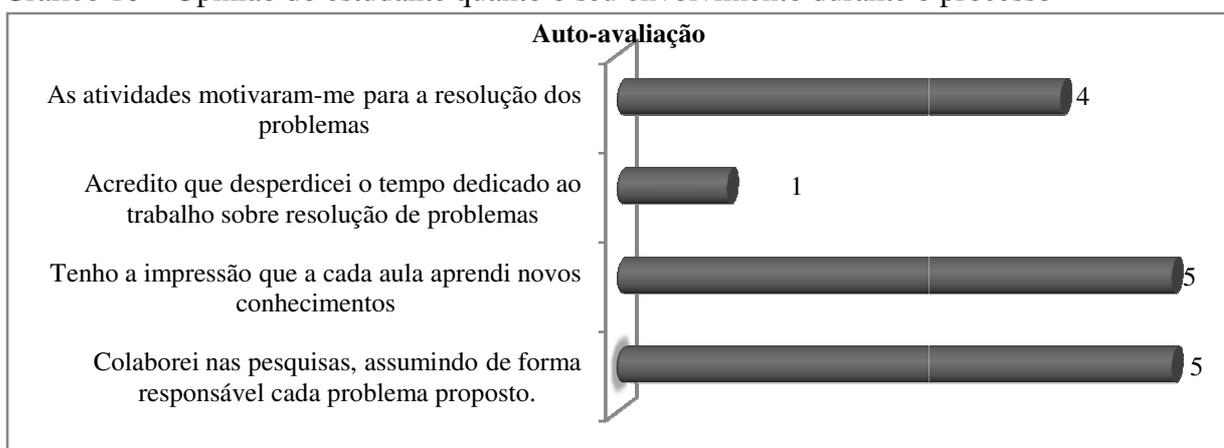
Gráfico 9 – Opinião do estudante quanto o Ensino de Física através da metodologia



Fonte: Dados coletados pela pesquisadora no questionário final.

No Gráfico 10, percebe-se que as atividades motivaram o estudante. Alegando que foi responsável durante o processo e que cada encontro possibilitou a aprendizagem de novos conceitos e assuntos, contribuindo de maneira significativa para seu crescimento intelectual.

Gráfico 10 – Opinião do estudante quanto o seu envolvimento durante o processo



Fonte: Dados coletados pela pesquisadora no questionário final.

Para complementar os dados do questionário final, foram solicitadas algumas questões discursivas. Nestas indagamos se a metodologia foi significativa para seu aprendizado, suas

dificuldades em escrever o relatório, quais aspectos positivos da metodologia e as contribuições. O aluno relatou que:

Sim, para aumentar minha capacidade e o meu conhecimento. Aprendi novas técnicas de pesquisa e desenvolvimento. Não tive nenhuma dificuldade e os aspectos positivos é que o relatório deixa a informação nele organizada. Essa metodologia permite você pensar suas hipóteses e depois is atrás da confirmação da resposta (Dado coletado pela pesquisadora no questionário final: escrita do aluno).

Conforme as afirmações do estudante, percebe-se que o mesmo sentiu-se estimulado e desafiado pela metodologia, sendo que esta contribui para o aprendizado e que articulada a aulas experimentais, favorece a compreensão dos conceitos e dos fenômenos. Possibilita a reflexão sobre seus conhecimentos tácitos e uma análise dos conhecimentos construídos através da produção dos relatórios descritivos, facilitando a reconstrução de suas concepções e a compreensão dos conceitos e suas relações com os fatos.

## **4.2 Análise das intervenções**

A abordagem foi apresentada com o tema: “Física Moderna e Contemporânea: Tecnologia e Meio Ambiente” visando um trabalho interativo, considerando a tentativa de abordar os conceitos de Física Quântica, Efeito Fotoelétrico e Astronomia. Durante os encontros foram utilizados apresentação de slides e vídeos para explicar os conceitos ao estudante e simuladores, como também, a elaboração de atividades experimentais.

### **4.2.1 Encontro 01: Origens da Física Quântica e Proposta do P1**

No primeiro encontro o aluno demonstrou interesse em participar dos estudos, afirmou que Física Quântica lhe chama a atenção, e que nunca havia estudado esse assunto antes. Após a apresentação da proposta de trabalho, foram apresentadas em slides às origens da Física Quântica. Os conceitos explanados envolveram desde o aperfeiçoamento do modelo atômico, ondas eletromagnéticas e o espectro eletromagnético até sua associação com os fótons, radiação do corpo negro e efeito fotoelétrico. Com o término dos slides, foi lançado o primeiro problema. Solicitou-se que o aluno levanta-se uma hipótese sobre o fenômeno. Ele afirmou que:

Pode ser uma onda infravermelha, com o movimento da pessoa um dispositivo detecta e abre as portas ou imite um som, fazendo com que o carro não seja roubado (Fala do aluno registrada em gravação de áudio em 14 out. 2014).

O aluno não havia estudado o assunto anteriormente, no entanto, conseguiu relacionar tópicos da apresentação com o tema proposto no problema. Assim, para efetuação de suas pesquisas, o estudante foi orientado pela professora pesquisadora, que pesquisasse em dois ou

mais sites ou livros, sempre referenciando a fonte, evitando aquelas que não possuem caráter confiável. O estudante também foi alertado a escrever tudo que pesquisasse, para elaborar um relatório das atividades desenvolvidas durante os encontros.

Com a análise desse primeiro encontro, percebe-se que é importante estimular o aluno à pesquisa e a participação na construção do seu conhecimento, pois potencializa a produção orientada de ferramentas que colaboram para o seu aprendizado. A elaboração do relatório permite o estudante praticar sua escrita e se familiarizar com a produção de artigos científicos.

#### **4.2.2 Encontro 02: Dispositivos Fotoelétricos: Resolução do P1 e proposta do P2**

No início da aula, seria o momento para o aluno expor sua pesquisa a respeito do P1(Quadro 03). No entanto, ele não levou o problema resolvido, então foi necessário que ele pesquisasse e posteriormente apresentasse a pesquisadora:

Bom, no primeiro problema, eu acreditei que eram as ondas vermelhas que emitiam o som. Na verdade, tem ondas vermelhas, mas elas não emitem som. Elas são ondas de cores, são várias cores, o nome disso, é o efeito fotoelétrico. O efeito Fotoelétrico, basicamente é o seguinte: quando a pessoa está andando, ela pisa numa placa de metal, que tem de baixo do chão e aí, os elétrons vão para um lado e a parte da luz, nesse caso, vem para o outro, e aí, abre a porta. A aplicação desse efeito, é o que acontece com as células fotoelétricas, que são dispositivos que tem a capacidade de transformar energia luminosa, que venha do Sol ou não, em energia elétrica. Também pode funcionar como um gerador de energia ou um sensor. No caso do sensor infravermelho, ele se baseia na detecção de objetos, a partir da reflexão de raios de luz infravermelha. É usado em portas automáticas, como segurança, smartphone, e em sistemas de seguranças de lojas. Depois tem o sensor acústico, que como o nome fala, funciona com meio de som, que a princípio, o funcionamento é o mesmo do infravermelho, mas ao invés dos fótons, o equipamento emite e percebe diferentes frequências de ondas sonoras no ar. Quando se está estacionando um carro, ele emite um som, e vai diminuindo o espaço, quando chega numa parte que pode bater o carro, ele te avisa (Fala do aluno registrada em gravação de áudio em 21 out. 2014).

Após o aluno apresentar suas ideias, foi explicado a ele os quatro tipos de sensores que envolvem o princípio fotoelétrico, esclarecendo que alguns sensores, se baseiam na emissão de ondas eletromagnéticas, ou seja, sucessão de fótons, enquanto outros dispositivos utilizam ondas sonoras. Estes sistemas automáticos facilitam a prevenção de furto. Nestes sensores as ondas são programadas com um raio de alcance definido para detectar a temperatura aproximada de 34° C, que é a temperatura do nosso organismo, garantindo segurança.

Em seguida, foi proposta ao aluno uma questão retirada do ENEM 2013 (<http://educacao.globo.com/provas/enem-2013/questoes/85.html>), que envolvia os conceitos pesquisados, porém se fez necessário a realização de alguns cálculos, para se obter o valor da corrente elétrica necessária para o funcionamento de uma porta automática. O aluno se demonstrou preocupado com a questão, pois envolvia o uso de equações articulados aos

conceitos que havia pesquisado, no entanto, durante a resolução do exercício ele não teve dificuldade, embora desconhecesse as equações que deveria utilizar, conforme era orientado desenvolvia seu raciocínio no caderno, após o término do mesmo, o estudante comentou que não era complicado, apenas foi preciso conhecer as equações, como já dominava os conceitos, o exercício contribuiu para sua compreensão. Complementa a ideia dizendo “agora além de saber como funciona também aprendi como pode se construir uma porta desse tipo.” Em seguida foi lançado o segundo problema, sendo exigido que começasse a resolvê-lo em aula, após apresentar sua hipótese, para ser orientado na pesquisa.

#### **4.2.3 Encontro 03: Recursos Ambientais e Introdução a Astronomia: Resolução do P2 e proposta do P3**

A aula começou com a apresentação da hipótese do aluno para o P2 (Quadro 3), referente às luzes dos postes e radares de trânsito. No excerto abaixo, o aluno revela uma de suas hipóteses.

Funcionam com algum tipo de sensor de luz que quando detecta a falta de luz acende automaticamente a lâmpada e quando detecta a luz solar desliga automaticamente. Já os radares e lombadas: funcionam com algum tipo de sensor que detecta a velocidade dos veículos e depois registra, e do funcionamento, diria que sim, que funciona igual porque o clima não deve interferir em nada (Fala do aluno registrada em gravação de áudio em 29 out. 2014)

No segundo momento, o aluno apresentou a resposta para o P2, mas preferiu explicar suas ideias lendo o que escreveu em seu relatório. O educando estava preocupado em não cometer erros conceituais, pois alegou que como a pesquisa foi realizada com antecedência para posterior apresentação, necessitava reler alguns conceitos norteadores do problema.

Com o término da apresentação da resolução do P2, foi retomado o funcionamento dos dispositivos eletromagnéticos nos radares de trânsito e dos fotorresistores do circuito para funcionamento das luzes públicas, posteriormente demonstrando experimentalmente (Figura 1) o funcionamento de um eletroímã utilizando materiais caseiros (duas pilhas de 1,5 V, um prego grande, uma espira de cobre e algumas moedas).

Figura 1 – Demonstração do experimento eletroímã caseiro com auxílio do aluno



Fonte: imagem registrada pela pesquisadora.

Ao observar o fenômeno, o educando se surpreendeu, pois não esperava que ocorresse a atração das moedas pelo prego. Após a demonstração foi exemplificando o seu uso no cotidiano, como em guindastes e motores de eletrodomésticos. Considerando os conceitos eletromagnéticos envolvidos, foi retomado o estudo da Física Quântica da primeira aula, acrescentando os principais conceitos do Efeito Fotoelétrico, desde o Eletromagnetismo até o Quantum de Energia, relacionando com o P2 que foi pesquisado pelo aluno. Antes de lançar o P3 (Quadro 03), sugeriu-se uma vídeo aula sobre Física no Meio Ambiente, com o tema: Programa 2012 - Meio Ambiente + Biologia, Geografia e Física - bloco 03 (<https://www.youtube.com/watch?v=qJKUAaZ63GU>).

#### **4.2.4 Encontro 04: Resolução do P3 e proposta do P4 – Astronomia, Radiação do Corpo Negro e Plasma**

Nesta aula, o aluno apresentou sua hipótese para o P3:

Energias renováveis são todas as energias que não afetam o meio ambiente e os tetos solares, funcionam da seguinte forma, a luz solar bate na placa solar que é feita de silício, passa pelo gerador para formar energia elétrica. Eu lembro do que é feito porque já fiz um trabalho sobre isso um tempo atrás, só que eu não me lembro do nome da placa, mas é de silício, isso eu sei (Fala do aluno registrada em gravação de áudio em 07 nov. 2014).

Sua hipótese apresentou uma fundamentação mais consistente, pois ele já havia realizado um trabalho cujo tema foi semelhante ao proposto nesse problema. Posteriormente, o educando apresentou sua pesquisa. Foi surpreendente a sua conclusão, pois ele conseguiu

expor seu pensamento crítico ao precário investimento em tecnologias no Brasil. Isso é verificado no excerto abaixo.

Se o Brasil e os nossos governadores quisessem fazer um país auto sustentável, fazia e deixaria os Estados Unidos de lado, Japão também e China. Por exemplo, o silício, é muito abundante aqui no Brasil, daria para fazer placas solares de monte, é caro, mas é que tem tantas outras coisas que é caro e vão lá e compram sem ser preciso, ou que são desviadas, né! Tipo, o Brasil é basicamente o seguinte, é um país que... tem tudo que se precisa ter, é... um país completo, apesar de ter tanta dificuldade, se aplicar é... só se investir. E além do petróleo, tem a energia solar, tem um cara que fez uma telha eólica, tipo, é não sei como que ele fez, é simplesmente era um dispositivo que girava com o vento e fazia energia elétrica. E basicamente, o próprio planeta é um pouco reciclável, se for parar para analisar, vamos supor o próprio dióxido de carbono que sai de um vulcão ativo, ele sai e geralmente tem água em volta, tipo uma ilha ou algo do tipo, então o vento leva, né, quando chega no mar, tem um carinha bem legal, chamado planctom, que ele pega e suga todo o dióxido de carbono e ele fica lá e quando ele morre, fica no mar e quando vem todo o movimento das ondas e da placa tectônica uma chocando com a outra, o dióxido volta por baixo da terra, isso é reciclar, depois faz todo o movimento de novo, então isso é auto sustentável (Fala do aluno registrada em gravação de áudio em 07 nov. 2014).

A partir das conclusões do aluno, foram retomados os conceitos fundamentais sobre as células fotovoltaicas e apresentado uma simulação computacional ([https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/energy-forms-and-changes](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/energy-forms-and-changes)). Essa simulação apresenta a produção de energia elétrica proveniente da luz solar através das placas de silício. A outra simulação demonstra Efeito Fotoelétrico com a emissão de raios ultravioleta em diferentes metais ([https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/photoelectric](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric)). Após as simulações, a professora pesquisadora indagou o aluno sobre o que seria energia renovável, com isso, o estudante complementou sua hipótese:

Então diferente do que eu disse antes, a energia renovável não só não afeta tanto o meio ambiente, mas como o nome já diz, são aquelas energias que se renovam que não se esgotam (Fala do aluno registrada em gravação de áudio em 07 nov. 2014).

Percebe-se nesse excerto que o aprendiz retomou sua hipótese somente após a mediação da professora pesquisadora. É notável que esse problema permitiu a articulação de ideias do aluno, pois além de explicar o funcionamento das placas solares e sobre as energias renováveis, ele fez uma relação entre os temas pesquisados com criticidade e refletiu sobre a situação tecnológica em nosso país, enfatizando a necessidade de uma evolução em termos de sustentabilidade, meio ambiente e recursos naturais em comparação a outros países.

#### **4.2.5 Encontro 05: O Sol: radiação, fusão, vento e tempestade solar, magnetismo e os benefícios ambientais e riscos à saúde: Resolução do P4 e proposta do P5**

Neste encontro, o aluno comentou sobre a prova do Enem, que apresentou uma questão de Física que abordava o funcionamento das portas automáticas e sensores de movimento, ele afirmou que:

Quando eu vi aquela questão, nem precisei ler toda, fui logo marcando que(...) é o infra-vermelho, de cara eu vi, fiquei feliz porque eu sabia essa por causa das oficinas aqui, pena meus colegas não estarem fazendo! (Fala do aluno registrada em gravação de áudio em 13 nov. 2014).

Para complementar sua ideia, a professora pesquisadora, relatou sobre a importância de participar de atividades diversificadas, sendo que essas podem contribuir para o desenvolvimento cognitivo. Como o Enem possui uma proposta que otimiza trabalhar os conhecimentos adquiridos e, não a mecanização de informações, a Resolução de Problemas instiga os alunos a participarem ativamente da construção do seu conhecimento, potencializando a formação de um aprendiz crítico.

Depois das discussões sobre o ENEM, o estudante apresentou a resolução do P4 (Quadro 03), começando por suas hipóteses, que descrevem o plasma como:

Um tipo de vidro que também pode-se refletir um raio e ou um laser sob o plasma, aumentando a força e potência do raio ou laser. E as TVs de plasma seriam(...) passam três cores sob o plasma, que são vermelho, verde e azul e ajuda ter uma alta definição, eu acho que é isso (Fala do aluno registrada em gravação de áudio em 13 nov. 2014).

Quanto à pesquisa, o aluno destacou primeiramente o que seria o Plasma, posteriormente descreveu os tipos de TVs e seus diferentes mecanismos para funcionamento. Com o encerramento do P4, foram retomados os conceitos fundamentais, reforçando a ideia de plasma. Em seguida foi apresentado ao aluno o estudo de Astronomia, especificamente do Sol, nossa estrela mais próxima, evidenciando suas características e importância para a vida terrestre. Então o estudante afirmou que aprecia muito o estudo da Astronomia e durante a apresentação dos slides, acrescentou alguns comentários:

Inclusive, não é só o Sol que mantém a Terra aquecida, porque o espaço deve ser gelado, a própria Terra se auto esquenta, tem um funcionamento que ajuda nisso, tem a camada de ozônio e outras coisas para ajudar então (Fala do aluno registrada em gravação de áudio em 13 nov. 2014).

Após esse comentário, o estudante sugeriu um experimento para se medir a distância dos astros, o astrolábio:

Não lembro bem como medir, porque eu esqueci, mas dá para fazer o seguinte, pega um canudo, coloca algo que cole, pega um transferidor e cola naquela parte reta depois pega um fio ou uma linha ou barbante, aí coloca na ponta e ata um tipo de

rosquinha, depois tu pode mirar na luz da estrela para medir (Fala do aluno registrada em gravação de áudio em 13 nov. 2014).

Os conhecimentos tácitos do aluno são amplos, percebe-se que ele recebeu durante sua vida escolar, muitos estímulos que contribuíram significativamente para sua formação intelectual, pois este experimento que o mesmo sugeriu, foi realizado como uma atividade em aula por uma de suas professoras de Física.

Dessa forma, promover trabalhos que exijam pesquisa e atividades práticas pode interferir positivamente no desenvolvimento e na atuação dos estudantes, pois proporcionam alternativas instigantes e diversificadas para que os aprendizes possam produzir e satisfazerem seus conhecimentos. Para finalizar esta aula, foi proposto o P5 (Quadro 03), solicitando que o estudante formulasse suas hipóteses e, posteriormente, orientando-o na pesquisa.

#### **4.2.6 Encontro 06: Resolução P5 e proposta do P6 – Raio Ultravioleta, câncer de pele e prevenções.**

A respeito do P5, o estudante alegou que, sobre o assunto câncer já tinha conhecimento. Ainda argumentou que antes de discutir sobre câncer de pele, preferia realizar uma breve revisão do que seria essa doença. Sua hipótese foi à seguinte:

Geralmente um câncer acontece quando as células de um ser absorve mais do que pode aguentar e assim começa entrar num colapso, e para prevenir, é utilizado Protetor Solar, hidratando-se e evitar de ficar tanto tempo exposto a luz solar (Fala do aluno registrada em gravação de áudio em 20 nov. 2014).

Em seguida o educando apresentou sua pesquisa, após sua explanação, foi proposta a leitura de um artigo, intitulado Exposição solar Radiação Ultravioleta ([http://www.inca.gov.br/situacao/arquivos/causalidade\\_exp\\_solar.pdf](http://www.inca.gov.br/situacao/arquivos/causalidade_exp_solar.pdf)). Seguido a isso, realizou-se algumas discussões e reflexões para retomar os conceitos pesquisados pelo estudante. Ele relatou, que:

Mesmo eu sabendo que precisa do protetor, eu esqueço de colocar, mas é muito importante que use, basicamente o seguinte, as pessoas precisam usar todos os dias, até no inverno, no rosto da pessoa que pega Sol, sempre (Fala do aluno registrada em gravação de áudio em 20 nov. 2014).

O aluno apresentou interesse com o assunto, demonstrando possuir hábito da leitura e da reflexão, não se limitando apenas ao que se estuda na escola, mas extrapolando sua curiosidade em outras perspectivas e fontes. Logo, o ensino por problemas permitiu flexibilidade para o estudante refletir sobre questões socialmente relevantes e articuladas aos conceitos Físicos que circundam seu cotidiano.

Para o final desse encontro, foi solicitado que o aluno preparasse um experimento, ou apresentasse uma proposta de um possível invento utilizando os conceitos estudados nos problemas propostos com o decorrer das aulas.

#### **4.2.7 Encontro 07: Resolução do P6 – Atividade Experimental**

Antes do educando demonstrar seu experimento, a professora pesquisadora e o estudante conversaram sobre a finalização do relatório e foi questionado sobre qual seria o fundamento físico envolvido em cada problema proposto. Prontamente o aluno respondeu, que:

Tratava-se de ondas, como de luz visível ou não e a emissão de fótons, envolvendo mais o efeito fotoelétrico, com exceção do último problema, que tratava mais de saúde (Fala do aluno registrada em gravação de áudio em 27 nov. 2014).

Em seguida a professora pesquisadora perguntou ao estudante como o efeito fotoelétrico poderia ser utilizado para os avanços tecnológicos e para o bem estar e saúde, então o estudante complementa o assunto, afirmando ter pensado em uma proposta que responda a esse problema:

Eu pensei em um equipamento que é basicamente o seguinte, ele escaniava, no caso, a pessoa em 24h, mapeava a pessoa, tu poderia ver tipo (...) a pessoa tomando água descendo pelo organismo dessa pessoa, isso serviria para um monte de coisas, pra uma cirurgia arriscada, no surgimento de uma doença, no começo dela, como o câncer, diabetes... porque bem no início, podia reverter todo o processo da doença, por exemplo a diabetes, eu estudei e é assim tem o exame que mostra quando a pessoa já ta com 90% do órgão que produz insulina atacado e já ta muito alta, imagina então se soubesse isso quando tivesse em 1%? Poderia tratar um monte de doenças antes dela aumentar. Poderia também se usar um micro-chip nas pessoas, que inclusive esse funciona com efeito fotoelétrico e, que emitisse através de ondas, a localização dessa pessoa e todas as informações de como está o organismo dessa pessoa, que seria cadastrada num sistema e atualizado. Ou usar um tipo de energia ou raio, MS que não seja prejudicial para a saúde, no caso diferente do raio X que vai acumulando ali no corpo da pessoa e tal, esse é o problema. Eu acho que tanto o uso de energia renovável como esse tipo de energia que disse, pode vim de algum mineral, que pode ser terrestre ou não, acredito mesmo é que não seja terrestre não. Aí é que pode ser difícil, ou não, como o plasma mesmo, tem no espaço, mas agente pode fazer na Terra, produzindo ali em laboratório e tal, basicamente. Outro projeto que eu to pesquisando e procurando e que não tem de jeito nenhum é de também tu pega e escanear uma rocha, tipo tu pegar uma rocha e tipo os lasers que tem no mercado, tu pega e passa no código, pois é, quando tu pegar uma rocha e passar o escaner ali ele vai mandar todas as informações daquela rocha pro computador, mas só daquele fragmento de rocha ali, assim catalogar as rochas, e daí eu teria que utilizar várias ondas, porque tem umas mesmo que aparecem só no ultra-violeta (Fala do aluno registrada em gravação de áudio em 27 nov. 2014).

Posteriormente, o aluno demonstrou experimentalmente (Figura 2) como se pode obter o plasma com materiais caseiros, utilizando uma lâmpada incandescente de tungstênio posicionando a mesma sobre o gerador de faíscas de um fogão com acendedor automático,

assim acionando a passagem de corrente elétrica que percorre até o gás no interior da lâmpada.

Figura 2 – Demonstração atividade experimental Bola de Plasma apresentada pelo estudante



Fonte: imagem registrada pelo estudante.

O estudante conseguiu fazer as relações do Efeito Fotoelétrico, ao mencionar o uso de ondas e de chips, articulado a um benefício para a saúde e segurança das pessoas que poderiam ser monitoradas por essa tecnologia, ainda revelou que assim como o plasma, que se encontra em abundância no espaço, mas em meio terrestre é produzido em laboratório, também poderia se aplicar o mesmo método para se conseguir outros tipos de energia, semelhantes as micro-ondas, para se utilizar na medicina, sem a necessidade do raio X, que é danoso ao corpo humano. Outro fator que demonstrou as reflexões do aluno sobre os conceitos é relação entre os leitores de códigos com possíveis aparelhos semelhantes que sejam capazes de catalogar rochas e facilitar a detecção de minerais através de diferentes ondas eletromagnéticas.

#### **4.3 Análise do relatório produzido pelo estudante**

Quanto ao relatório produzido pelo aluno, constatou-se que ele demonstrou dificuldades em expressar suas percepções sobre a resolução de cada problema, tornando apenas descritivo sem realizar reflexões sobre os conceitos e fenômenos envolvidos nos problemas. O relatório foi escrito conforme algumas normas de edição, como o solicitado no início das intervenções. Foi estruturado com uma breve introdução, desenvolvimento, conclusões e referências.

Na introdução o estudante não conseguiu interligar os conceitos e os apresentou na forma de tópicos, sem relacionar um parágrafo ao outro e correlacionar os conceitos. No desenvolvimento, o estudante teve facilidade em organizar as ideias com coerência e sistematizar os textos seguindo uma sequência para explicação de cada conceito. Neste item apresentou primeiramente sua hipótese e sucessivamente sua pesquisa. Pode-se observar esse fato, conforme o trecho transcrito do relatório do estudante:

Hipótese: Causa do Câncer de Pele: Geralmente um câncer acontece quando as células de um ser absorve mais do que pode aguentar e assim começa entrar num colapso. Prevenção: Utilizando Protetor Solar, hidratando-se e evitar de ficar tanto tempo exposto a luz solar. Pesquisa: Câncer de Pele é descrito pelo crescimento anormal e descontrolado das células que formam a pele e cada célula pode surgir um câncer, assim tendo vários tipos de câncer de pele. [...] Proveniente do Sol os raios UVA e UVB são os maiores causadores de câncer de pele, pelo simples fato de nós tomarmos muito sol ao longo da vida sem proteção adequada, isso porque a exposição solar desprotegida agride a pele, causando alterações celulares que podem levar ao câncer. Quanto mais queimaduras solares a pessoa sofreu durante a vida, maior é o risco dela ter um câncer de pele. [...] O tratamento inicia – se na retirada cirúrgica da lesão e do tecido ao redor. [...] Prevenções: [...] Procurar um dermatologista regularmente e se tem uma pele muito clara, que geralmente fica vermelha facilmente quando é exposta a luz solar, e se tem histórico de câncer de pele na família (Dado extraído do relatório final produzido pelo aluno).

Neste trecho evidenciou-se pela sua hipótese que o estudante já tinha conhecimentos mais sólidos sobre a questão. Na explicação, antes de descrever as razões da exposição ao Sol causar câncer e os motivos, ele descreve brevemente o que seria o câncer de pele, posteriormente, conclui a ideia relatando os riscos à exposição solar e indicando prevenções. No entanto, ele não conseguiu explicar por que esta exposição pode ser perigosa para a saúde e o que a radiação solar causa no organismo. Por isso é fundamental que, após a resolução de cada problema o professor sempre realize a retomada do conteúdo, para que erros conceituais cometidos pelos alunos ou a exclusão de alguns conceitos sejam alertados e repensados.

Na conclusão o aluno relatou suas impressões após participar dos encontros e a relevância que estes tiveram para seu aprendizado:

Tudo para mim foi um grande aprendizado, eu não diria a parte mais difícil, mas a mais intrigante foi o plasma... Gostei de todos os problemas, mas meus os preferidos são os sensores, plasma e câncer de pele. O segundo problema que é sobre o funcionamento dos postes de luz, radares e lombadas ajudaram – me no ENEM desse ano e quando eu passo por um radar vem na tudo na memória. Para finalizar, utilizei e aprendi várias maneiras de pesquisa, mas uma frase de um professor que sempre vem na memória é: faça direito, de o seu melhor, se não for assim nem comece (Dado extraído do relatório final produzido pelo aluno).

Este trecho foi coletado da conclusão escrita pelo aluno em seu relatório. Ficou evidente que sua participação nas intervenções contribuiu para seu aprendizado e sua formação para a vida, inclusive auxiliando para a realização do ENEM. Considerou importante ter aprendido muitas estratégias para realização de pesquisas. Em suas últimas

afirmações, percebeu-se que sua dedicação e o seu envolvimento com o que lhe foi proposto é o que garantiu que novos conhecimentos sejam aprendidos e concebidos com sucesso.

## **5 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Resolver Problemas estimula professores e alunos a repensarem suas ações e atuarem de maneira interativa e compartilhada, onde ambos fazem parte do processo da construção do conhecimento. Possibilitou maior liberdade na escolha de conteúdos e de temas a serem abordados, facilitando a organização dos conceitos a serem estudados. Isto é, não houve a necessidade de seguir um roteiro fechado para as aulas, pois ao desenvolver a metodologia de Resolução de Problemas, as próprias situações problemas conduziram as ações em sala de aula, também foi possível, dentro de um único problema abordar diversos conceitos, que variaram desde a Física Clássica até a Física Moderna e Contemporânea.

Para a elaboração e implementação dos problemas, foi preciso ter maior domínio e conhecimento dos conteúdos. Também, foi necessário elaborar problemas contextualizados, despertando o interesse e promovendo a compreensão dos fenômenos pelo aprendiz. Assim, a proposta não se limitou em preparar e organizar os conceitos para apresentar ao aluno, de maneira sequencial e informativa, mas introduziu-se um assunto e posteriormente se problematizou o mesmo, sem fornecer ao estudante a explicação completa e fechada, provocando o aluno a encontrar a resolução para tal situação. Nesse momento, foi possível orientar o estudante e indicar os caminhos a serem seguidos, sendo que o próprio educando constrói suas concepções e críticas sobre os fatos. Isso possibilita que o aprendiz perceba a relação dos conceitos as suas diversas aplicações no cotidiano, na tecnologia e na natureza em geral, tornando o papel do professor mais eficiente e colaborativo para a aprendizagem do aprendiz.

Quanto ao ensino e aprendizagem de FMC, percebeu-se que o tema despertou a curiosidade do aluno. A abordagem desses conceitos foi desafiadora no ponto de vista da professora pesquisadora, pois muitos conceitos não são estudados durante a graduação, o que exigiu a busca por novas fontes de informações e a reflexão sobre a transposição didática para abordar os conceitos. Para o educando, o desafio principal foi à compreensão dos conceitos e da sua relação com o cotidiano, pois, muitas vezes ele sentiu dificuldades em relacionar os conceitos com o seu cotidiano e vivenciá-los.

O estudo de FMC foi importante para que o aluno compreendesse e conhecesse o funcionamento em nível microscópico nas tecnologias e as contribuições para a sociedade.

Além de ter sido uma novidade para o estudante, que não presenciou este assunto nas aulas de Física do Ensino Médio. Também possibilitou o estudo das tecnologias e benefícios para o meio ambiente. Conceitos de Física Quântica, Efeito Fotoelétrico e Astronomia, que pareciam algo distante da realidade do estudante, tornaram-se integrante do seu contexto social e do seu intelecto, pois a metodologia de Resolução de Problemas aproximou o aluno dos conceitos e de suas relevâncias para a sociedade. Potencializou a construção de novos conhecimentos.

Vivemos em mundo tecnológico de constantes evoluções, logo os educadores precisam estar atualizados, buscando cursos de aperfeiçoamento e acompanhando o desenvolvimento científico e tecnológico. A essência para que isto se concretize, não está no tema FMC ou Física Clássica, mas no seu caráter atual e sua conexão com o mundo contemporâneo. Por isso a relevância de disponibilizar aos estudantes o acesso a essas informações torna-se imprescindível para a construção de um cidadão integral e atuante, que consiga extrapolar a observação da ocorrência dos fenômenos, mas que alcance o conhecimento da natureza desses fenômenos. Para que isso se efetive é necessária uma imersão dos professores em cursos de formação continuada

Acredita-se que se a metodologia de Resolução de Problemas fosse utilizada desde o começo da vida escolar, nossos estudantes seriam mais confiantes e conhecedores de suas habilidades e capacidade de compreensão do universo. Da mesma maneira, se FMC fosse rotineiramente trabalhada nas aulas de Física, esta contribuiria para a construção de pessoas criativas e conhecedoras das tecnologias mais emergentes, evitando uma concepção de seres passivos e espectadores dos fatos, mas possibilitando a formação de intelectuais com uma perspectiva atuante, interativa e consciente de suas potencialidades.

## REFERÊNCIAS

BAUER, W.; WESTFALL, G. D.; DIAS, H. **Física para Universitários - Óptica e Física Moderna**. Ed. McGraw Hill, 2013.

BRASIL, Ministério da Educação. **Parâmetros Circulares Nacionais para o Ensino Médio**, parte III: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias, Brasília, 2000.

\_\_\_\_\_, Ministério da Educação. **Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais: Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias** Brasília, 2002.

CORTELAZZO, I. B. C. e ROMANOWSKI, J. P. **Pesquisa e prática profissional: procedimentos de pesquisa**. Curitiba: ed. IBPEX, 2007.

DEWEY, J. **Como pensamos**. São Paulo: Companhia Editora Nacional, 1959.

D'AGOSTIN, A. - **Física Moderna e Contemporânea: Com a Palavra Professores do Ensino Médio**. 2008. Dissertação (Mestre em Educação) - Curso de Pós-Graduação em Educação, Universidade Federal do Paraná. Disponível em: <[http://www.ppge.ufpr.br/teses/M08\\_dagostin.pdf](http://www.ppge.ufpr.br/teses/M08_dagostin.pdf)>. Acesso em: 18 jun. 2014.

EINSTEIN, A.; INFELD, L. **A evolução da física**. Tradução: Giasone Rebuá, Rio de Janeiro: Zahar, 2008.

ESCALA LIKERT. Disponível em: <<https://pt.surveymonkey.com/mp/likert-scale/>> Acesso em: 20 jan. 2015.

EXPOSIÇÃO solar Radiação Ultravioleta. Disponível em <[http://www.inca.gov.br/situacao/arquivos/causalidade\\_exp\\_solar.pdf](http://www.inca.gov.br/situacao/arquivos/causalidade_exp_solar.pdf)>. Acesso em: 20 nov. 2014.

FILHO, K. de S. O.; SARAIVA, M. de F. O. **Astronomia e Astrofísica**. 2. ed. Ed. livraria da Física, 2004.

\_\_\_\_\_, **Astronomia e Astrofísica**. Departamento de Astronomia - Instituto de Física da Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2014.

HEURÍSTICA. Disponível em: <[http://dutracarlito.com/dicionario\\_de\\_filosofia\\_japiassu.pdf](http://dutracarlito.com/dicionario_de_filosofia_japiassu.pdf)>. Acesso em: 19 dez. 2014.

HEWETT, P. G. **Física conceitual**. Tradução: Trieste Freire Ricci. 11. Ed.- Porto Alegre: Bookman, 2011.

HERNÁNDEZ, F. - **Transgressão e Mudança na Educação os projetos de trabalho**. Tradução: Jussara Haubert Rodrigues, Porto Alegre: ArtMed, 1998.

INVESTIGAÇÃO NO ENSINO DE CIÊNCIAS. Disponível em: <<http://www.if.ufrgs.br/ienci/>>. Acesso em: 21 dez. 2014.

LAUDAN, L. (1977) - **O Progresso e seus Problemas: Rumo a uma Teoria do Crescimento Científico**; Tradução de Roberto Leal Ferreira; São Paulo: Unesp, 2011.

LÜDKE, M.; ANDRÉ, M. E. D. A. **Pesquisa em educação: abordagens qualitativas**. São Paulo: E. P. U., 1986.

MOURA, C. S. Física para o ensino médio : gravitação, eletromagnetismo e física moderna. Porto Alegre : EDIPUCRS, 2011.

OSTERMANN, F.; MOREIRA, M. A. Uma revisão bibliográfica sobre a área de Pesquisa Física Moderna e Contemporânea no Ensino Médio, **Investigações em Ensino de Ciências – V5(1)**, Instituto de Física Universidade Federal do Rio Grande do Sul, C.P 15051, 91501-970 Porto Alegre, RS, 2000 p. 23-48. Disponível em: <[http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo\\_ID57/v5\\_n1\\_a2000.pdf](http://www.if.ufrgs.br/ienci/artigos/Artigo_ID57/v5_n1_a2000.pdf)>. Acesso em: 18 jun. 2014.

OSTERMANN, F.; CAVALCANTI, C. J. de H. RICCI, T. F. e PRADO, S. D. Tradição de pesquisa quântica: uma interpretação na perspectiva da epistemologia de Larry Laudan. **Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias**. v. 7, n. 2, 2008.

PIRES, A. S. T. **A Evolução das Ideias da Física**, São Paulo, Livraria da Física, 2008

POZO, J. I. (Org). **A solução de problemas: aprender a resolver, resolver para aprender**. Porto Alegre: Artmed, 1998.

QUESTÃO do Exame Nacional do Ensino Médio, 2013. Disponível em: <<http://educacao.globo.com/provas/enem-2013/questoes/85.html>>. Acesso em: 19 out. 2014.

REVISTA BRASILEIRA DE ENSINO DE FÍSICA. Disponível em: <<http://www.sbfisica.org.br/rbef/edicoes.shtml>>. Acesso em: 06 jan. 2015.

REVISTA ELECTRÓNICA DE ENSEÑANZA DE LAS CIENCIAS. Disponível em: <[http://reec.uvigo.es/REEC/spanish/REEC\\_older\\_es.htm](http://reec.uvigo.es/REEC/spanish/REEC_older_es.htm)>. Acesso em: 23 dez. 2014.

SACRISTÁN, J. G.; GÓMEZ, A. I. P. **Comprender e Transformar o Ensino**. Tradução Ernani F. da Fonseca Rosa - 4. ed. Artimed, 1998.

SILVA, M. G. L.da. NÚÑEZ, I. B. **Instrumentação para o ensino de Química II**. Natal, RN: EDUFRN Editora da UFRN, 2007.

SILVA, A. V. R. da. **Nossa estrela: O Sol**. São Paulo Livraria da Física, 2006.

SIMULAÇÃO computacional Energias. Disponível em: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/energy-forms-and-changes](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/energy-forms-and-changes)>. Acesso em: 06 nov. 2014.

SIMULAÇÃO Computacional Efeito Fotoelétrico, disponível em: <[https://phet.colorado.edu/pt\\_BR/simulation/photoelectric](https://phet.colorado.edu/pt_BR/simulation/photoelectric)>. Acesso em: 06 nov. 2014.

YAMASHITA, M.T. Um método numérico para a solução de problemas em Física Quântica de poucos corpos. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, 2008.

ZULIANI, S. R. Q. A.; ÂNGELO, A. C. D. O querer aprender: aspectos relacionados ao conhecimento e controle do processo de aprendizagem num grupo de licenciatura em Física. In: Universidade Federal de Ouro Preto. Ouro Preto. **Atas do V congresso de Ciências humanas, Letras e Arte**, 2001.