

**PROBLEMAS ABERTOS E MEDIAÇÃO SOCIOCULTURAL NO ENSINO DE FÍSICA QUÂNTICA NO ENSINO MÉDIO****OPEN-ENDED PROBLEMS AND SOCIOCULTURAL MEDIATION IN HIGH SCHOOL QUANTUM PHYSICS TEACHING****PROBLEMAS ABIERTOS Y MEDIACIÓN SOCIOCULTURAL EN LA ENSEÑANZA DE LA FÍSICA CUÁNTICA EN LA ESCUELA SECUNDARIA**<https://doi.org/10.56238/ERR01v10n6-027>**Giovana Espíndola Batista**

Doutoranda

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

E-mail: giovanabatista@gmail.com

**Ederson Staudt**

Doutor

Instituição: Universidade Federal da Fronteira Sul (UFFS)

E-mail: ederson.staudt@uffs.edu.br

**Jorge Rodolfo Silva Zabadal**

Doutor

Instituição: Universidade da Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

E-mail: jorge.zabadal@ufrgs.br

**Karen Cavalcanti Tauceda**

Doutora

Instituição: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS)

E-mail: ktauceda@gmail.com

**RESUMO**

O presente trabalho analisa o processo de aprendizagem em Física no Ensino Médio a partir da teoria sociocultural de Vygotsky, tomando como base a resolução de problemas abertos aplicada a uma sequência didática sobre Física Quântica. A pesquisa, de natureza qualitativa, foi desenvolvida em uma turma do 3º ano de uma escola pública e fundamenta-se na mediação social, na linguagem e na interação como elementos essenciais da construção do conhecimento. A proposta metodológica estrutura-se em quatro etapas: diagnóstico inicial, problematização, investigação e socialização, permitindo observar o papel da mediação docente e da colaboração entre pares na formação de conceitos científicos. Os resultados evidenciam que a metodologia de problemas abertos, apoiada na teoria sociocultural, favorece a aprendizagem significativa, o desenvolvimento da argumentação e a alfabetização científica dos estudantes.

**Palavras-chave:** Ensino de Física. Teoria Sociocultural. Problemas Abertos. Física Quântica. Aprendizagem Significativa.

**ABSTRACT**

This study analyzes the learning process in high school Physics based on Vygotsky's sociocultural theory, using open-ended problem solving as the core of a didactic sequence on Quantum Physics. The qualitative research was conducted with a third-year high school class in a public school and is grounded on social mediation, language, and interaction as essential elements in the construction of knowledge. The methodological design was organized into four stages: initial diagnosis, problematization, investigation, and socialization, allowing observation of the teacher's mediation and peer collaboration in the development of scientific concepts. The results show that the open-ended problem-solving approach, supported by the sociocultural framework, fosters meaningful learning, scientific argumentation, and students' scientific literacy.

**Keywords:** Physics Teaching. Sociocultural Theory. Open-Ended Problems. Quantum Physics. Meaningful Learning.

**RESUMEN**

Este estudio analiza el proceso de aprendizaje de Física en la educación secundaria desde la perspectiva de la teoría sociocultural de Vygotsky, utilizando la resolución de problemas abiertos aplicada a una secuencia didáctica sobre Física Cuántica. La investigación cualitativa se llevó a cabo en un curso de tercer año de una escuela pública y se basa en la mediación social, el lenguaje y la interacción como elementos esenciales en la construcción del conocimiento. El enfoque metodológico se estructura en cuatro etapas: diagnóstico inicial, problematización, investigación y socialización, lo que permite observar el papel de la mediación docente y la colaboración entre pares en la formación de conceptos científicos. Los resultados muestran que la metodología de problemas abiertos, respaldada por la teoría sociocultural, favorece el aprendizaje significativo, el desarrollo de la argumentación y la alfabetización científica de los estudiantes.

**Palabras clave:** Enseñanza de la Física. Teoría Sociocultural. Problemas Abiertos. Física Cuántica. Aprendizaje Significativo.

## 1 INTRODUÇÃO

A contextualização e a problematização constituem elementos centrais no processo de ensino e aprendizagem de Física, pois estimulam o desenvolvimento da capacidade de abstração e a compreensão das relações entre modelos teóricos e fenômenos observáveis. Ao contextualizar, o estudante estabelece vínculos entre conceitos científicos e experiências cotidianas, ampliando sua visão sobre a aplicabilidade desses conhecimentos. Já a problematização, ao incentivar a busca por soluções, favorece a construção do raciocínio lógico e a aproximação progressiva entre as concepções prévias dos estudantes e os conceitos científicos que devem ser construídos.

Para Villatorre (2009), a problematização propõe ao estudante a capacidade de questionar e estabelecer relações com o mundo em que vive possibilitando o hábito de aplicar seus conhecimentos frente à determinadas situações. Diversas metodologias de ensino de Física buscam integrar a contextualização e a problematização, cada qual com suas potencialidades. Entre elas, a **resolução de PA** destaca-se por estimular o senso investigativo científico, a argumentação e a autonomia intelectual dos estudantes na construção das respostas.

A definição de **problema aberto** utilizada neste estudo segue Villatore (2009), que o caracteriza como uma situação intencionalmente incompleta, exigindo do estudante a formulação de hipóteses, a seleção de variáveis e a justificativa das soluções encontradas. Diferentemente dos exercícios tradicionais, cuja resolução se baseia na aplicação de algoritmos conhecidos, os problemas abertos exigem criatividade, autonomia e argumentação científica. Gil (1992) aponta que questões abertas se aproximam da própria natureza do trabalho científico, enquanto Pozo (1998) enfatiza que essa abordagem fomenta a curiosidade, o debate e a capacidade crítica ao exigir análise, interpretação de dados e tomada de decisão fundamentada.

Além disso, a resolução de problemas abertos se insere no conjunto das **metodologias ativas**, uma vez que promove o envolvimento efetivo do discente em todas as etapas do processo de aprendizagem. Contudo, o objetivo deste trabalho não é discutir detalhadamente os fundamentos dessa metodologia; amplamente consolidados na literatura (Oliveira, Araujo e Veit, 2017), mas **articular sua aplicação à perspectiva sociocultural de Vygotsky**, explorando o potencial dessa integração para o ensino da Física Quântica no Ensino Médio por meio da implementação de uma sequência didática. Assim, o estudo assume caráter de prática escolar fundamentada em resultados de pesquisa, aproximando, como propõe Vergnaud (2017), o espaço da sala de aula do campo investigativo.

A dinâmica colaborativa, inerente à resolução de problemas abertos, cria condições propícias à interação social, favorecendo a troca de ideias, a argumentação e a construção conjunta de conhecimento. Nesse sentido, o trabalho em grupo assume papel essencial, pois amplia as

oportunidades de mediação entre pares e permite explorar as potencialidades da aprendizagem compartilhada. Tal concepção está em consonância com a teoria sociocultural de Vygotsky (1988).

A partir desse referencial, este estudo adota a metodologia de **resolução de problemas abertos** como estratégia para o ensino contextualizado de **Física Quântica (FQ)**. Diversos autores (Silva e Almeida, 1995; Montenegro e Pessoa Jr., 2002) sustentam que a introdução de tópicos de **Física Moderna e Contemporânea (FMC)** no Ensino Médio é viável, desde que se evite o formalismo matemático excessivo.

Carvalho et al. (1999) aponta para o papel da Mecânica Quântica na cultura científica, tecnologia e filosófica do século XX e XXI como justificativa para sua introdução no ensino médio. Ao elaborar enunciados abertos que visam à compreensão teórica dos conceitos da FQ, explorou-se dois aspectos relevantes ao ensino já citados anteriormente: a Física enquanto cultura científica e a Física como possibilidade de compreensão do mundo.

O ensino da FQ no Ensino Médio pode favorecer a compreensão da ciência como processo de contínua construção social e cultural. Nesse sentido, abordar as dificuldades encontradas no final do século XIX para explicar determinados fenômenos com base na Física Clássica, bem como as profundas diferenças conceituais entre a Física Clássica e a Moderna, pode auxiliar na interpretação dos fenômenos em escalas atômicas. Além disso, a FQ permite entender alguns dos conceitos responsáveis pelo rápido avanço tecnológico que oportunizou grandes transformações na sociedade nas últimas décadas.

Para Valadares e Moreira (1998), na introdução dos conceitos básicos da Física Moderna é importante fazer a ponte entre a física da sala de aula e a física do cotidiano. Adicionalmente, Moreira (2004) evidencia a consolidação, a partir da década de 1990, de propostas voltadas à abordagem da FQ de forma conceitual, enquanto Machado e Nardi (2007) defendem que sua inserção curricular contribui para a ressignificação do ensino e o reconhecimento das transformações tecnológicas recentes. Também, de acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC) (2017), o ensino de ciência deveria proporcionar aos estudantes o acesso a um saber legitimado culturalmente, que consiste em uma forma especializada de representar o mundo por meio de um processo histórico e com a contribuição de vários sujeitos.

Portanto, este artigo, direcionado ao ensino de FQ, fundamenta-se na **abordagem sociocultural** como referencial teórico para a interpretação das situações-problema, compreendendo a aprendizagem como processo mediado pelas interações e pela construção de significados compartilhados. Embora a perspectiva sociocultural já esteja amplamente difundida no ensino de Física (Pereira e Lima Junior, 2014), o presente estudo busca contribuir para sua consolidação mediante a aplicação de uma metodologia ativa que integra investigação, diálogo e colaboração.

Dessa forma, o problema de pesquisa que orienta este estudo consiste em analisar bem **como promover a compreensão dos conceitos de FQ por meio da resolução de problemas abertos**, considerando a perspectiva vygotskyana das interações sociais que emergem em sala de aula. O objetivo geral é **discutir aspectos do processo de ensino e aprendizagem**, com ênfase no envolvimento e no desempenho dos estudantes durante o desenvolvimento de atividades didáticas baseadas em situações-problema, evidenciando as contribuições dessa articulação teórico-metodológica para a aprendizagem significativa e para a alfabetização científica.

## 2 A APRENDIZAGEM EM FÍSICA ATRAVÉS DE PROBLEMAS ABERTOS

O referencial curricular da BNCC (2017), orienta que o ensino de Física desenvolva a competências investigativas, resgatando o espírito questionador e o desejo de conhecer o mundo, permitindo ao estudante formular perguntas, mobilizar evidências e argumentar sobre fenômenos naturais. A importância de tais pressupostos é evidente ao mesmo tempo em que o grande desafio da comunidade escolar reside em implementar essas orientações nas práticas diárias. Nesse sentido, a resolução de problemas abertos<sup>1</sup> (PA) se configura como uma metodologia especialmente adequada, porque reproduz aspectos centrais da investigação científica: ausência (proposital) de dados no enunciado, necessidade de formulação de hipóteses, planejamento de procedimentos e validação de soluções. Nesta perspectiva, o PA não é meramente um enunciado mais amplo, mas um ambiente de aprendizagem que articula conhecimento prévio, mediação social e uso de signos para a construção de significado.

Segundo Demo (2000), “aprender é refazer o conhecimento com autoria própria”, e a educação deve organizar-se de modo que o estudante se torne pesquisador de sua própria aprendizagem. Desenvolver o ensino por meio da investigação, como destaca **Demo (2000)**, significa ensinar o estudante a organizar e interpretar fatos, refazendo o conhecimento com base na análise e na reflexão crítica, e não na simples cópia. Essa prática estimula o pensamento autônomo e crítico, formando sujeitos capazes de questionar, relacionar e aplicar o saber científico à realidade em que vivem. Essa perspectiva destaca a **autoria intelectual** e a **pesquisa como princípio educativo**, conceitos que se alinham à ideia de protagonismo discente defendida pela BNCC. Nessa mesma direção, Pozo (1998) destaca que aprender ciências implica reconstruir os significados dos conceitos científicos, o que requer a participação ativa do estudante na resolução de situações novas e desafiadoras. A convergência entre os autores nesse aspecto revela que investigar é, simultaneamente, um modo de

---

<sup>1</sup>Outras denominações equivalentes são encontradas na literatura, como "Problemas de Fermi", "situações-problema" ou "problemas de enunciado incompleto". No presente trabalho, adotaremos o termo "problemas abertos" como sinônimo para todas essas variações conceituais.

aprender e um modo de produzir conhecimento, o que torna os PA instrumentos privilegiados para o desenvolvimento da autonomia e da reflexão crítica.

Esse enfoque investigativo, ao permitir que o estudante analise informações, formule hipóteses e relacione conceitos, distancia-se do modelo tradicional de exercício fechado e prescritivo, possibilitando ainda a reconstrução e a ressignificação dos conceitos trabalhados em aulas anteriores, permitindo que o estudante compreenda relações e estruture um pensamento científico muito mais amplo. Ao mesmo tempo, possibilita ao professor compreender como o estudante estrutura seu raciocínio e quais obstáculos conceituais emergem no processo, intervindo de modo intencional na orientação da aprendizagem. Esse movimento dialógico é fundamental para a mediação pedagógica. **Villatore (2009)** enfatiza que a interação entre professor, estudante e conhecimento constitui uma conexão necessária e primordial para a construção e consolidação dos conceitos. A partir desse entendimento, a prática de resolução de PA não apenas estimula o pensamento crítico, como também cria condições para que o docente atue de forma mais intencional e responsiva, orientando o desenvolvimento das ideias dos estudantes.

Em consonância com essa visão, **Gil Pérez (1988)** e **Pozo (1998)** propõem um modelo de resolução de problemas fundamentado na investigação, no qual o estudante parte de seus conhecimentos prévios para elaborar hipóteses e, posteriormente, confrontá-las com as evidências disponíveis. Essa abordagem transforma o ato do exercícios de resolver problemas em uma atividade genuinamente científica, que envolve exploração, argumentação e validação. O ensino de Física, quando conduzido sob essa lógica, promove um ambiente em que o estudante não espera respostas prontas, mas aprende a investigá-las, desenvolvendo gradualmente a capacidade de justificar e reelaborar suas próprias conclusões.

Nesse sentido, propor estratégias metodológicas ativas é de fundamental importância, pois aulas expositivas, com a apresentação de teorias, mesmo que de maneira clara, objetiva e organizada, pode ser insuficiente para a construção da aprendizagem na estrutura cognitiva do estudante.

Essa concepção dialoga com **Vergnaud (1993)**, para quem a aprendizagem de conceitos científicos exige situações problematizadoras que desafiem o pensamento, uma vez que “é nas situações de resolução de problemas que os conceitos se tornam efetivamente significativos”. O autor alerta contra a “*ilusão pedagógica*” de acreditar que o simples ensino expositivo assegura a aprendizagem; crítica que reforça a necessidade de práticas mais investigativas. Complementarmente, **Chevallard (1994)** recorda que “*nenhum saber ensinado se autoriza por si mesmo*”, enquanto **Becker (2012, p. 36)** sintetiza: “*aprende-se no exercício de resolução e não porque alguém ensina*”. Essas



perspectivas convergem na defesa de um ensino por meio de metodologias ativas<sup>2</sup>, que privilegiem a ação intelectual do estudante, a problematização e a reelaboração conceitual contínua.

Como processo investigativo, a resolução de PA também favorece o desenvolvimento da comunicação científica. A troca de informações, a elaboração de argumentos e a negociação de significados entre os participantes tornam a linguagem elemento central da aprendizagem. **Vygotsky (1988)** explica que é pela interação social e pela mediação simbólica, especialmente pela linguagem, que se desenvolvem os processos mentais superiores e se internalizam os conceitos científicos. Dessa forma, a fala e a escrita deixam de ser simples meios de expressão e passam a ser instrumentos cognitivos fundamentais para a consolidação do pensamento científico.

Sob essa ótica, a resolução de PA assume uma função motivadora e criativa, pois permite que cada estudante mobilize seus conhecimentos e experiências pessoais para construir soluções próprias, apropriando-se gradualmente dos conceitos físicos. As competências desenvolvidas: investigar, argumentar, comunicar e justificar, extrapolam o âmbito escolar, aplicando-se à vida cotidiana.

Em síntese, o ensino de Física fundamentado em PA representa uma proposta didática significativa, problematizadora e contextualizada, que une investigação, diálogo e reflexão. Ao integrar a **epistemologia da pesquisa de Demo (2000)** à **teoria sociocultural de Vygotsky (1988)**, esta abordagem articula protagonismo discente e mediação docente, constituindo um caminho eficaz para o desenvolvimento da autonomia intelectual e da alfabetização científica.

### 3 DA COLABORAÇÃO VYGOTSKYANA À METODOLOGIA DE PROBLEMAS ABERTOS

De acordo com **Vygotsky (1988)**, o desenvolvimento cognitivo é inseparável dos contextos social, histórico e cultural nos quais o indivíduo está inserido. Para Driscoll, é por meio da interação social que a mente humana se constitui, uma vez que:

Não é por meio do desenvolvimento cognitivo que o indivíduo se torna capaz de socializar, mas por meio da socialização que se dá o desenvolvimento dos processos mentais superiores. (apud Moreira, 2011, p. 108)

A sala de aula, portanto, deve ser compreendida como um espaço privilegiado de construção coletiva do conhecimento, em que o diálogo, a cooperação e a mediação do professor criam as condições necessárias para o avanço intelectual dos estudantes.

---

<sup>2</sup> Para Almeida (2018), as metodologias ativas consideram a participação efetiva do estudante na construção de sua aprendizagem, valorizando as diferentes maneiras de envolvimento nesse processo, para que em seu próprio tempo, ritmo e estilo aprendam melhor.

Nesse ambiente, as interações entre professor e estudantes, e também entre os próprios estudantes, favorecem o compartilhamento de experiências e saberes, promovendo não apenas a aprendizagem conceitual, mas também o desenvolvimento linguístico e cognitivo. A linguagem desempenha papel essencial nesse processo, uma vez que é por meio dela que os estudantes expressam, negociam e reorganizam seus significados. Assim, a prática docente precisa valorizar momentos de debate e reflexão em grupo, nos quais todos tenham oportunidade de participar ativamente, contribuindo para a elaboração de conceitos e para o fortalecimento da argumentação científica.

Outro aspecto central na teoria vygotskyana diz respeito ao papel dos **signos** como mediadores da atividade mental. Segundo **Rivière** “a análise dos signos é o único método adequado para investigar a consciência humana” (**Rivière, apud Moreira, 2011 p.109**). Para internalizar os signos, o indivíduo deve captar os significados compartilhados socialmente, passando a integrar esse repertório simbólico à sua própria experiência. **Moreira (2011, p. 111)** reforça que:

Para internalizar signos, o ser humano tem que captar os significados já compartilhados socialmente, ou seja, tem que passar a compartilhar significados já aceitos no contexto social.

Assim, a aprendizagem ocorre quando professores e estudantes compartilham significados e constroem coletivamente os conceitos científicos. Em última instância, essa apropriação dos signos é o que sustenta a **alfabetização científica**, permitindo ao sujeito compreender a Física como linguagem de descrição do mundo natural.

Nessa perspectiva, o ensino de Física deve criar condições para que o estudante estabeleça relações conscientes entre fenômenos e modelos teóricos, promovendo sua emancipação intelectual. **Carvalho (2010)** questiona como conciliar o respeito à individualidade do estudante com a necessidade de desenvolver atividades coletivas em sala de aula. A metodologia de **resolução de PA** representa uma resposta concreta a esse desafio, pois possibilita conciliar o trabalho em grupo, o que favorece a socialização e a troca de ideias, com o protagonismo individual do estudante, que elabora hipóteses e conduz investigações próprias.

A interação social, como observa **Moreira (2011)**, permite a troca de experiências tanto em termos qualitativos quanto quantitativos. Esse processo se desenvolve dentro da **zona de desenvolvimento proximal (ZDP)**, espaço teórico definido por **Vygotsky (2001, p. 329)** como a distância entre aquilo que o estudante já é capaz de fazer de forma autônoma e o que consegue realizar com a ajuda de outros. Trabalhar dentro da ZDP significa, portanto, partir das concepções já conhecidas pelo estudante e conduzi-lo, por meio da mediação e da colaboração, à construção de conceitos mais elaborados.



A aplicação da metodologia de PA requer atenção cuidadosa à elaboração dos enunciados, que devem ser desafiadores, mas compatíveis com as capacidades cognitivas do grupo. Problemas excessivamente complexos podem gerar frustração, enquanto questões simples demais não despertam o interesse. Cabe ao professor identificar as concepções prévias dos estudantes e utilizá-las como ponto de partida para a construção dos conceitos científicos. Nesse sentido, a **fala do estudante** torna-se uma ferramenta essencial de diagnóstico e acompanhamento da aprendizagem, pois revela seu modo de pensar e as relações que estabelece entre os fenômenos estudados.

A apresentação oral das soluções pelos grupos constitui, assim, parte fundamental do processo investigativo. Ao verbalizar suas ideias, o estudante explicita sua compreensão e reorganiza cognitivamente os conceitos. Como lembra **Moreira (2011, p. 119)**:

Sem interação social ou intercâmbio de significados, dentro da zona de desenvolvimento proximal do aprendiz, não há ensino, não há aprendizagem e não há desenvolvimento cognitivo.

O diálogo e o debate são, portanto, condições estruturantes para o avanço conceitual.

Quando o estudante é capaz de explicar determinado conceito com suas próprias palavras, evidencia que ocorreu verdadeira internalização. A escrita, por sua vez, nem sempre reflete essa compreensão, podendo reproduzir definições decoradas. Por isso, a oralidade e a discussão em grupo são instrumentos didáticos indispensáveis na metodologia de PA, pois permitem ao professor reconhecer a evolução da aprendizagem e propor novas mediações quando necessário.

Em síntese, a integração entre a **teoria sociocultural** e a **metodologia de resolução de PA** **pode constituir** um ambiente de aprendizagem em que a cooperação, a linguagem e a investigação se entrelaçam. As interações sociais, mediadas pela linguagem e organizadas em torno de situações-problema, estimulam o desenvolvimento cognitivo e favorecem a construção de conhecimentos significativos. Ao mesmo tempo, o trabalho coletivo respeita as individualidades, promove a autonomia e fortalece a dimensão investigativa do ensino de Física, transformando a sala de aula em um espaço dinâmico de construção compartilhada do saber científico.

#### 4 A METODOLOGIA DA PESQUISA

A pesquisa desenvolvida possui caráter qualitativo e está fundamentada na perspectiva sociocultural de **Vygotsky**. O estudo foi realizado em uma turma de 3º ano do Ensino Médio, em uma escola pública estadual, composta por vinte e oito estudantes durante o segundo semestre letivo. As aulas ocorreram em vinte e sete encontros, com duração média de cinquenta minutos cada.

A proposta metodológica teve como eixo central a **implementação de uma sequência didática baseada na resolução de PA**, articulada à teoria sociocultural. Essa sequência foi planejada com o objetivo de **favorecer a aprendizagem significativa de conceitos da FQ**, promovendo a interação social, a mediação docente e o protagonismo estudantil. Inspirada nas proposições de **Carvalho (2010)** e **Villatore (2009)**, a sequência foi organizada em **quatro etapas interdependentes**, que permitiram observar o processo de construção conceitual ao longo do tempo.

A **primeira etapa** consistiu na aplicação de um **questionário diagnóstico inicial**, elaborado para identificar as concepções prévias dos estudantes sobre os fenômenos quânticos a serem abordados. Esse diagnóstico serviu como ponto de partida para o planejamento das atividades seguintes, respeitando o nível de desenvolvimento real dos estudantes.

Na **segunda etapa**, os estudantes foram introduzidos à temática da FQ por meio de uma **situação-problema inicial**, formulada de maneira aberta para estimular a curiosidade e o levantamento de hipóteses. Nesse momento, a professora atuou como mediadora, orientando o grupo com perguntas desafiadoras e incentivando a argumentação.

A **terceira etapa** correspondeu ao desenvolvimento das **atividades investigativas** propriamente ditas, nas quais os estudantes, organizados em cinco grupos, investigaram PA que exigiam pesquisa, discussão e tomada de decisão coletiva. Cada grupo teve liberdade para definir estratégias e apresentar soluções, recorrendo a diferentes recursos como: experimentação simples, leitura de textos de apoio, simulações computacionais e análise de situações cotidianas.

Por fim, a **quarta etapa** compreendeu as **apresentações orais e a socialização das soluções**. Nesses momentos, os grupos expuseram seus resultados, confrontaram interpretações e reelaboraram suas ideias com base nas contribuições dos colegas e nas intervenções da professora. Essa fase constituiu o ponto culminante da sequência didática, pois revelou os avanços conceituais e o desenvolvimento de habilidades de argumentação e comunicação científica.

O pesquisador, que também atuou como professor regente, utilizou diferentes instrumentos de coleta de dados: **diário de campo, relatórios escritos, registros orais e observações diretas**. Esses registros possibilitaram acompanhar o processo de aprendizagem e compreender como os estudantes construíram significados ao longo da sequência. As interações verbais e os discursos foram analisados à luz da teoria vygotskyana, buscando identificar momentos de mediação e indícios de internalização conceitual.

A aplicação da sequência didática foi estruturada de modo a respeitar a **ZDP**, conforme definida por **Vygotsky (2001, p. 329)**:

A distância entre o nível de desenvolvimento real, determinado pela capacidade de resolver independentemente um problema, e o nível de desenvolvimento potencial, determinado através da resolução de um problema sob a orientação de um adulto ou em colaboração com companheiros mais capazes.

Nesse sentido, as intervenções docentes foram planejadas de forma contingente e intencional, buscando oferecer apoio no momento adequado e promover a autonomia progressiva dos estudantes.

Durante a execução das atividades, observou-se que o caráter investigativo e colaborativo da sequência favoreceu a emergência de interações ricas em significado. O diálogo entre pares e o debate coletivo mostraram-se fundamentais para o avanço conceitual. Assim, a sequência didática consolidou-se como um espaço de investigação e reflexão, em que a linguagem desempenhou papel central na construção dos conceitos científicos.

O tratamento dos dados foi conduzido por meio da **análise qualitativa descritiva**, priorizando a compreensão dos significados expressos pelos estudantes. As categorias emergentes, como a interação social, mediação docente e elaboração conceitual, foram interpretadas de modo a evidenciar as transformações ocorridas ao longo da sequência. O objetivo não foi mensurar desempenho, mas compreender como a metodologia de PA, organizada em sequência didática, potencializa o desenvolvimento cognitivo e o engajamento dos estudantes no processo de aprendizagem em Física.

Em síntese, a metodologia adotada permitiu investigar o percurso formativo dos estudantes em um ambiente de pesquisa e cooperação, confirmando que a aprendizagem ocorre quando o estudante é desafiado a pensar, argumentar e construir coletivamente significados. A sequência didática, ao articular teoria, mediação e investigação, revelou-se uma estratégia eficaz para promover a alfabetização científica e o protagonismo discente no ensino de Física.

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÕES DAS SITUAÇÕES-PROBLEMAS:

Esta seção apresenta a análise da resolução das situações-problema desenvolvidas **por um grupo composto por** quatro estudantes. O grupo foi selecionado por ter apresentado maior fluência comunicativa durante as atividades, o que forneceu material rico para análise das interações orais e escritas. O objetivo é refletir sobre como a metodologia de PA articulada à perspectiva sociocultural contribui para provocar habilidades investigativas, argumentativas e recolocar concepções na ZDP. A análise baseia-se exclusivamente nos registros coletados diretamente pela professora pesquisadora.

As informações, para a identificação das zonas de desenvolvimento, são decorrentes das diversas observações fornecidas pelo grupo através da oralidade e da escrita. A oralidade permeou todo o processo de resolução desde o debate inicial na interpretação do problema, na elaboração das hipóteses, na troca de informações durante o processo investigativo, na negociação de ideias para a

construção da resolução e na apresentação da solução do problema. Esses processos de comunicação foram estabelecidos pelos estudantes entre si e com a professora.

### 5.1 1º SITUAÇÃO-PROBLEMA — TEORIA INICIAL DA FÍSICA QUÂNTICA:

*Entre as várias linhas de estudo da matéria como: composição, estrutura, temperatura, alguns cientistas investigam a maneira que a matéria absorve e emite luz. Esses estudos também contribuem para o entendimento acerca da estrutura da matéria. O padrão característico de comprimento de onda emitido por uma fonte luminosa é chamado espectro. A maioria das informações que temos sobre as galáxias e estrelas vêm do estudo dos seus espectros. Imagine-se no ano de 1868, você é um astrofísico e faz parte de uma equipe de pesquisadores que acaba de descobrir um novo elemento químico nunca antes observado na Terra. Compartilhe essa experiência com seus colegas, como ocorreu a descoberta desse elemento, qual é o elemento e como é possível afirmar que o elemento ainda não foi detectado na Terra?*

Hipótese estabelecida pelo grupo: *identificação do elemento através da observação do espectro.*

Percebe-se, na elaboração da hipótese, que o grupo demonstra quais são seus os (pseudo)conceitos acerca do assunto (nível de desenvolvimento real) e quais intercâmbios de significados devem ocorrer para reorganizar os conceitos.

A hipótese elaborada pelo grupo não apresentou nenhum elemento novo além das informações abordadas no enunciado do problema o que nada mais é do que uma manifestação do procedimento “tradicional” de resolução de exercícios na busca de uma resposta imediata. Assim, algumas indagações foram realizadas pela professora no intuito de melhor investigar a compreensão dos conceitos envolvidos. Com isso constata-se que a percepção acerca do problema era:

- A observação do espectro de emissão ou de absorção permite a identificação de elementos químicos.

Solução apresentada: *O grupo propôs a identificação do elemento a partir de uma linha característica no espectro e relacionou a descoberta ao procedimento observacional em astrofísica. O elemento descoberto foi o Hélio, sua descoberta ocorre em um dia de eclipse solar através da observação do espectro que demonstrava a presença de uma linha amarela que até então não havia sido catalogada.*

Observou-se que, embora o grupo articulasse corretamente a ideia de espectro, faltou detalhamento sobre procedimentos experimentais ou critérios para afirmar de forma robusta que um elemento “não fora detectado na Terra”, lacuna que foi objeto de intervenção docente para ampliar a

análise metodológica (questões sobre reprodutibilidade, comparação com bases de referência, etc.). Essa mediação configura movimento da ZDP: partir do conhecimento real e, com apoio, avançar para procedimentos científicos mais sofisticados.

Adicionalmente, o grupo demonstrou dificuldades em interpretar a solução apresentada. A espectroscopia é o estudo da interação da radiação eletromagnética com a matéria, por intermédio da observação das interações nos fenômenos da reflexão e absorção. A radiação emitida pelo Sol é um espectro contínuo com todas as cores pode ser modelada pelo espectro de emissão, como previsto pela equação de Planck para um corpo negro a aproximadamente 5800 K. A situação descrita no problema resulta das investigações independentes conduzidas por Norman Lockyer e Pierre Janssen. Por meio da observação da cromosfera solar durante um eclipse, a análise do espectro de emissão revelou a presença de uma linha amarela não catalogada previamente. Essa linha foi atribuída a um elemento até então desconhecido, proposto como próprio do Sol, posteriormente denominado hélio (He).

Ao constatar as dificuldades apresentadas pelo grupo na interpretação da solução, evidenciase o distanciamento em relação aos conceitos científicos que se pretendia alcançar. Nesse contexto, compreende-se que a ação docente deve concentrar-se em favorecer a construção de conceitos de forma explícita, coerente e cientificamente fundamentada.

O processo de **guiamento** do professor, voltado ao aprofundamento das ideias e à reorganização das soluções propostas, pode ocorrer por meio de diferentes estratégias. No caso analisado, a mediação foi realizada principalmente por meio de perguntas orientadoras formuladas pela professora durante o debate. Entre os questionamentos propostos, destacam-se:

- O que entendemos por **espectro contínuo**?
- O que é o **espectro de emissão**?
- O que é o **espectro de absorção**?
- Com base nessas informações, como se desenvolveu o trabalho de **Lockyer e Janssen**?

A formulação dessas perguntas favoreceu a retomada e o refinamento conceitual em momentos subsequentes da discussão, permitindo que os estudantes revissem e ampliassem suas compreensões. Tais movimentos dialógicos são fundamentais para promover a transição do nível de desenvolvimento real para níveis mais avançados, ampliando, portanto, a **ZDP** e potencial dos estudantes.

## 5.2 2º SITUAÇÃO-PROBLEMA — CONTEXTO HISTÓRICO E EFEITO FOTOELÉTRICO:

*Pela explicação do efeito fotoelétrico e por suas contribuições para a Física teórica, Albert Einstein recebeu o Prêmio Nobel de Física em 1921. Porque tais ideias revolucionaram a física do século XX? Quais foram as contribuições do postulado?*

Essa proposta apresentou **baixa complexidade conceitual**, estabelecendo dois objetivos centrais: (i) retomar a motivação e a autoconfiança do grupo, que havia demonstrado dificuldades de interpretação no problema anterior; e (ii) aprimorar a **habilidade investigativa**, orientando os estudantes a realizar buscas em fontes confiáveis; como sites de instituições de acadêmicas e de pesquisa, revistas científicas de modo a desenvolver hábitos de estudo mais críticos e autônomos.

Hipótese do grupo: *Einstein amplia a ideia de Planck para a luz proporcionando muitas aplicações tecnológicas.*

As concepções apresentadas nas hipóteses e nas respostas formuladas pelo grupo, mediadas pelas intervenções da professora, concentraram-se nos seguintes pontos:

- Quantização da matéria.
- Transferência da energia do fóton para o elétron.
- A compreensão da luz como partícula (fóton).

Solução apresentada: *“O efeito fotoelétrico é um fenômeno de origem quântica que consiste na emissão de elétrons por algum metal iluminado por radiações eletromagnéticas de frequências específicas. Os elétrons emitidos por esses materiais são chamados de fotoelétrons. O efeito fotoelétrico não poderia ser explicado de acordo com os conceitos da Física Clássica, pois os elétrons ejetados no metal não dependem da intensidade da luz que era incidida no metal. Einstein percebeu que o responsável pela ejeção do elétron era o fóton”.*

A análise das respostas evidencia que o grupo compreendeu de maneira geral o princípio da quantização da energia ao mesmo tempo em que estabelece a necessidade de distinção entre as interpretações de Planck e Einstein. Enquanto Planck propôs que a emissão de energia ocorre em quantidades discretas por osciladores materiais, Einstein estendeu essa concepção à própria radiação, descrevendo-a como composta por “pacotes de energia”, os fótons.

O grupo apresentou uma boa interpretação do fenômeno, reconhecendo sua natureza quântica e a limitação da física clássica para explicá-lo. Contudo, inicialmente, não abordou de modo claro a **relação entre a frequência da radiação incidente e a ejeção dos elétrons**. Essa correlação foi estabelecida durante o debate, a partir das **perguntas orientadoras** formuladas pela professora, que exerceram papel fundamental no processo de ressignificação e aprofundamento dos conceitos científicos e na expansão da **ZDP** dos estudantes.

Entre os questionamentos propostos, destacam-se:

- Podemos considerar a luz como uma parte visível do espectro eletromagnético ou como todo o espectro eletromagnético?
- A intensidade da luz interfere no efeito fotoelétrico?



- Qual a relação entre a frequência da radiação e o efeito fotoelétrico?
- Qualquer elétron pode ser “arrancado”?

Essas intervenções propiciaram ao grupo a revisão de suas concepções iniciais e a consolidação de uma compreensão mais alinhada ao modelo científico. A retomada dessas discussões em momentos posteriores reforçou a coerência da sequência didática e contribuiu para o desenvolvimento cognitivo e investigativo dos estudantes, em consonância com os princípios da teoria sociocultural de Vygotsky (2001).

### 5.3 3º SITUAÇÃO-PROBLEMA — RELAÇÃO ENTRE O EFEITO FOTOELÉTRICO E A FOTOSÍNTESE:

*Que relação pode ser feita entre o efeito fotoelétrico e a fotossíntese? A cor verde das folhas tem algum significado? Explique.*

Após a identificação das concepções apresentadas pelo grupo nas etapas anteriores, foi proposto um novo problema ainda envolvendo o **efeito fotoelétrico**, com o objetivo de **rever e aprofundar o entendimento sobre o conceito de função trabalho**. Essa situação-problema buscou promover a interdisciplinaridade e estimular a aplicação de conceitos físicos em fenômenos biológicos, favorecendo a aprendizagem significativa por meio da articulação entre áreas do conhecimento.

Hipótese do grupo: *Talvez a frequência de onda esteja relacionada com a fotossíntese da mesma maneira que no efeito fotoelétrico.*

A análise dos registros do debate e das respostas apresentadas pelo grupo permitiu identificar as seguintes concepções:

- Existe uma **frequência mínima** para que o efeito fotoelétrico ocorra;
- O fenômeno ocorre quando a **energia transferida pelo fóton** ao elétron é **maior que a função trabalho** do material.

Solução apresentada: *“O efeito fotoelétrico só ocorre quando determinada radiação fornecer fótons com energia suficiente para extrair elétrons do metal. Da mesma maneira que a fotossíntese só ocorre na presença de uma radiação capaz de fornecer energia suficiente a clorofila presente nas folhas”.*

O problema proposto favoreceu a consolidação do conceito de **função trabalho** e, simultaneamente, estimulou a realização de uma **analogia interdisciplinar** entre Física e Biologia. A comparação estabelecida pelo grupo, entre a frequência limiar do efeito fotoelétrico e a radiação

necessária para ativar o processo de fotossíntese, demonstra uma **apropriação conceitual significativa**, ao reconhecer a dependência energética da frequência em ambos os fenômenos.

Observou-se que o grupo **compreendeu corretamente a natureza quantitativa da função trabalho**, reconhecendo que a energia do fóton precisa superar o valor mínimo exigido para que ocorra o processo. Além disso, a analogia proposta indica um avanço na **capacidade de transferir conceitos** para contextos distintos, aspecto fundamental no desenvolvimento da competência investigativa e na internalização de significados científicos.

No intuito de motivar a participação de todos os estudantes e verificar a consolidação das ideias discutidas, a professora conduziu o debate com **perguntas mediadoras**:

- Qual é a relação entre a frequência da radiação incidente e a função trabalho?
- Sendo o verde a cor refletida pelas folhas, **qual radiação é mais adequada** para que ocorra o processo de fotossíntese?

Esses questionamentos propiciaram a retomada dos conceitos de **energia, frequência e absorção da radiação**, promovendo a reflexão sobre a natureza dos processos físicos e biológicos envolvidos. A mediação docente, nesse caso, foi essencial para que os estudantes reorganizassem suas concepções, estabelecendo paralelos entre fenômenos distintos e fortalecendo a compreensão da natureza quântica da luz.

#### 5.4 4º SITUAÇÃO — ESPECTRO DE ABSORÇÃO E EMISSÃO: MODELO ATÔMICO DE BOHR

*Com todas as opções modernas e mais eficientes de lâmpadas lançadas nos últimos anos a lâmpada incandescente pode ter perdido parte de sua popularidade, mas continua sendo uma das maiores invenções de Thomas Edison. Em 1879, uma lâmpada feita com algodão carbonizado dentro de um bulbo a vácuo brilhou por 45 horas seguidas e representou o início da “Era da Eletricidade”, substituindo o uso de velas, lampiões a gás e tochas de madeira. (Revista Galileu 14/02/2017)*

*Ao observar os vários modelos de lâmpadas que existem atualmente e comparando a luminosidade de uma lâmpada fluorescente e uma lâmpada de LED de mesma potência, percebe-se que a lâmpada de LED tem uma luminosidade maior. Por quê?*

O enunciado articulou **conteúdo científico e aplicabilidade tecnológica**, permitindo relacionar os princípios físicos que explicam o funcionamento das diferentes lâmpadas incandescentes, fluorescentes e de LED, com o **modelo atômico de Bohr** e os **espectros de emissão e absorção**. Além de promover a contextualização histórica, o problema incentivou a reflexão sobre o desenvolvimento tecnológico e sua relação com os avanços científicos.

Hipótese do grupo: *A luminosidade e o rendimento da lâmpada de LED está relacionada com sua baixa emissão de calor.*

A análise das verbalizações e da hipótese do grupo permitiu identificar as seguintes concepções:

- Relação entre intensidade luminosa e dissipação da energia térmica;
- Relação entre potência e a emissão de calor.

Solução apresentada: *“A palavra LED significa diodo emissor de luz (light emitter diode) a lâmpada é composta por um material semicondutor responsável por transformar energia elétrica em luz. A transformação de energia elétrica em luz é feita na matéria conhecida como iluminação de estado sólido e por esse motivo tem grande potencial em eficiência energética. Também baixa emissão de calor, pois não emite luz na faixa do infravermelho...”*

O problema proposto permitiu estabelecer uma relação clara entre **teoria e aplicabilidade**, evidenciando como os conceitos de emissão e absorção de energia em níveis eletrônicos fundamentam o funcionamento das diferentes tecnologias de iluminação. Neste sentido, os **materiais semicondutores** empregados em LEDs são **monocromáticos**, emitindo luz de cores específicas conforme o material utilizado (como arsênio, fósforo ou gálio). Esta seletividade espectral resulta diretamente das transições eletrônicas características de cada elemento, conforme previsto pelo modelo atômico de Bohr.

O levantamento realizado pelo grupo sobre os diversos tipos de lâmpadas disponíveis no comércio foi criterioso e bem estruturado, contemplando **vantagens, desvantagens e aspectos energéticos** de cada tecnologia. As relações estabelecidas entre os conceitos físicos e o funcionamento das lâmpadas foram **corretas e consistentes**, revelando domínio crescente sobre o tema.

A **apresentação oral** destacou-se pela clareza e segurança, refletindo o avanço na capacidade argumentativa e na articulação entre teoria e prática. De acordo com as observações registradas, o grupo demonstrou **maior autonomia investigativa**, necessitando de pouca intervenção docente, o que evidencia evolução dentro da **ZDP**.

De forma geral, verificou-se um **aperfeiçoamento progressivo das habilidades de investigação e oralidade**, resultado do caráter contínuo da metodologia de PA. A cada nova atividade, o grupo mostrou-se mais motivado e confiante para expor suas hipóteses e justificar suas conclusões, consolidando uma aprendizagem significativa e socialmente mediada, conforme preconiza a teoria sociocultural de Vygotsky (2001).

### 5.5 5° SITUAÇÃO-PROBLEMA — DUALIDADE ONDA-PARTÍCULA E POLÍMEROS CONDUTORES:

*Os polímeros são utilizados desde a antiguidade pela humanidade. Utilizou-se como revestimento impermeabilizante, aumentando a durabilidade dos móveis por várias décadas. Os processos para a obtenção sintética dos polímeros foram possíveis a partir do século XX. A grande diversidade e aplicação do material revolucionaram a indústria. É possível existir polímeros condutores? Explique.*

O enunciado propôs uma reflexão sobre os avanços tecnológicos e a evolução dos materiais, estabelecendo um elo entre a **dualidade onda-partícula** e o **comportamento elétrico dos polímeros**, contextualizando o problema no âmbito da **FQ** e de suas aplicações. O objetivo foi levar os estudantes a relacionar conceitos de estrutura da matéria, condução elétrica e propriedades de materiais, aproximando-os de fenômenos estudados na ciência contemporânea.

Hipótese do grupo: *Se existirem polímeros condutores devem possuir características de condutividade elétrica.*

A análise das verbalizações do grupo e das respostas elaboradas a partir das intervenções da professora permitiu identificar as seguintes concepções::

- Distinção das características entre materiais condutores e isolantes;
- A identificação de polímeros como materiais isolantes.

Solução apresentada: *“... os polímeros passam de isolantes a condutores pela adição de agentes de transferência de carga. Estes são chamados de “dopantes” em analogia aos semicondutores inorgânicos, e o seu uso acarreta em acentuada mudança nas propriedades finais dos polímeros. Hoje os polímeros condutores são geralmente chamados de “metais sintéticos” por possuírem propriedades elétricas, magnéticas e ópticas de metais e semicondutores. Os polímeros condutores podem ser utilizados em um vasto número de aplicações que nos trazem vantagens nos ramos tecnológicos, sociais e ambientais. Na eletrônica, podem ser aplicados como sensores e dispositivos microeletrônicos...”*

O problema proposto explorou a **aplicabilidade tecnológica dos conceitos de condução elétrica**, conectando-os a conteúdos previamente estudados sobre a estrutura atômica e a dualidade onda-partícula. Para a sua resolução, o grupo precisou compreender o processo de **oxidação e redução da cadeia polimérica**, mediado por **agentes de transferência de carga** (aceptores ou doadores de elétrons), que convertem o polímero de **isolante** em **condutor ou semicondutor**.

Esses agentes, denominados *dopantes*, atuam de modo análogo à **dopagem em semicondutores**, embora sejam adicionados em quantidades significativamente maiores. A explicação

apresentada pelo grupo demonstrou domínio conceitual adequado, articulando corretamente os aspectos **químicos, físicos e tecnológicos** envolvidos.

Além disso, os estudantes elaboraram uma **síntese histórica** sobre o desenvolvimento e a utilização dos polímeros condutores em diversas áreas. Durante a apresentação, observou-se **alta autonomia investigativa e segurança conceitual** por parte do grupo, o que demandou **mínima mediação da professora**. Tal evidência sugere que os estudantes operaram dentro da **Zona de Desenvolvimento Potencial**, consolidando o aprendizado obtido nas etapas anteriores da sequência didática.

## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

No decorrer deste trabalho analisaram-se minuciosamente as resoluções apresentadas por um grupo; contudo, as análises realizadas são semelhantes e se estendem aos demais grupos da turma. Assim, de acordo com as ideias discutidas neste artigo, constata-se algumas contribuições relevantes para o ensino de Física através da implementação de PA, fundamentada na interação sociocultural de Vygotsky (1988, 2001).

Primeiramente, as sondagens realizadas sobre os conhecimentos prévios dos estudantes permitem a elaboração de questões que se encaixem nas necessidades individuais e coletivas da turma. Assim é possível atingir diferentes níveis de desenvolvimento cognitivo ao mesmo tempo. Para Pozo (2009), uma excelente estratégia para o ensino de ciência é a aproximação progressiva das ideias dos estudantes aos conceitos científicos.

A distribuição de diferentes problemas gerou uma atmosfera saudável de cooperação e desafio, despertando o interesse e a motivação para a aprendizagem. A interação, que ocorre inicialmente em pequenos grupos, possibilita o debate preliminar sobre o tema e, ao longo do processo, o estudante apropria-se dos conceitos discutidos, desenvolvendo a segurança necessária para apresentá-los ao grande grupo. Essa dinâmica favorece o desenvolvimento da **autonomia intelectual e da confiança** no próprio raciocínio.

A proposta de debater todas as soluções e reorganizar as respostas reduziu a resistência de muitos estudantes às apresentações orais, resistência muitas vezes relacionada à vergonha ou ao medo de errar em público. Nesse contexto, as soluções apresentadas tornam-se ponto de partida para **aprofundar ideias, revisar hipóteses e reformular explicações**. Conforme Vygotsky, a **ZDP** permite delinear o futuro imediato da aprendizagem e o estado dinâmico de desenvolvimento do estudante. Nessa perspectiva, não existem respostas “erradas”, mas sim respostas **passíveis de aprimoramento**, o que reduz a insegurança e amplia o engajamento.

Além disso, a **verbalização dos conceitos** mostrou-se um recurso essencial para a ação didática, uma vez que possibilitou identificar o modo como os estudantes constroem e reformulam significados. A metodologia utilizada estimulou o desenvolvimento dessa habilidade em todas as etapas, especialmente durante a **interpretação das resoluções e os debates coletivos**. Em diversas situações (como nas relacionadas ao efeito fotoelétrico), verificou-se que determinados conceitos, embora não explicitados nas resoluções escritas, foram corretamente verbalizados durante as discussões. De acordo com Vygotsky (1988), a **inteligência prática utiliza-se de signos e sistemas de signos, sendo a linguagem o mais importante entre eles**.

A metodologia também possibilitou **retomar e aprofundar conhecimentos** de forma interativa e dinâmica. Ao interpretar, investigar, elaborar soluções, apresentar e debater os problemas, o estudante elabora e reelabora suas ideias, **ressignificando sua aprendizagem** em um processo contínuo.

Além da participação ativa dos discentes no processo de ensino-aprendizagem, os PA configuram oportunidades de explorar **estratégias didáticas inovadoras e integradoras** no ensino de Física. O enunciado do **2º problema**, por exemplo, abordou o contexto histórico com o objetivo de fomentar a cultura científica. Martins (2006) defende que o estudo de episódios históricos permite compreender as inter-relações entre **ciência, tecnologia e sociedade (CTS)**; inter-relação também evidenciada no **4º problema**, que explorou simultaneamente a abordagem histórica e tecnológica.

No processo global, outro fator essencial foi a **contextualização**, que favoreceu a conexão entre os conceitos científicos e as tecnologias presentes no cotidiano, integrando diferentes áreas do conhecimento. A **aplicabilidade tecnológica** foi trabalhada no **5º problema**, enquanto a **relação entre teoria e prática** foi evidenciada nos **1º e 3º enunciados**. Desse modo, foi possível abranger múltiplos enfoques nas situações-problema, permitindo aos estudantes vivenciar e compreender as relações entre modelos teóricos e realidade observável.

Portanto, os **enunciados abertos** mostraram-se estratégias didáticas eficazes para contextualizar e trabalhar a aplicabilidade dos conceitos científicos. Além disso, a metodologia favoreceu o desenvolvimento de **competências essenciais ao ensino de Física**, como:

- a **investigação para a compreensão dos fenômenos físicos**;
- a **linguagem e comunicação científica**;
- a **contextualização histórica, tecnológica e social**.

Esses aspectos contribuem diretamente para o processo de **alfabetização científica**, permitindo que o estudante compreenda o conhecimento físico como construção social e histórica.



**Em síntese**, a resolução de PA enquadra-se em uma perspectiva de aprendizagem que estimula a **criatividade, a autonomia e a cooperação**. Proporciona ao professor subsídios significativos para orientar e avaliar o processo de ensino e aprendizagem, além de configurar-se como uma **metodologia ativa coerente com a perspectiva vygotskyana**.

**Por fim**, destaca-se a **importância da formação docente e da intencionalidade pedagógica no uso dessa metodologia**, pois o papel mediador do professor é determinante para criar condições que favoreçam a colaboração, a reflexão e a internalização dos conceitos científicos.

## REFERÊNCIAS

- BACICH, L. MORAN, J. (org.). Metodologias ativas para uma educação inovadora: uma abordagem teórico-prática. Porto Alegre: Penso, 2018.
- BECKER, F. Educação e construção do conhecimento. Porto Alegre: Peso, 2. ed. 2012.
- CARVALHO NETO, R. A.; FREIRE JR O, ROCHA. JFM. Revelando o caráter determinístico da Mecânica Quântica—uma ponte para o ensino de física moderna no segundo grau. Ideação, Feira de Santana, v. 3, n. 1, p. 51-68, 1999.
- CARVALHO, A. M. P. (org.) Ensino de Física. São Paulo: Cengage Learning, 2011.
- CARVALHO, A. M. P. (org.). Ensino de ciências: unindo a pesquisa e a prática. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- CHEVALLARD, Y. Les processus de transposition didactique et leur théorisation. In: ARSAC, G. (Orgs.). La Transposition Didactique à l'Épreuve. Paris: La Pensée Sauvage, 1994.
- DA SILVA, André Coelho; DE ALMEIDA, Maria José Monteiro Pereira. Física quântica no ensino médio: o que dizem as pesquisas. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 28, n. 3, p. 624-652, 2011.
- DE CAMPOS VALADARES, Eduardo; MOREIRA, Alysson Magalhães. Ensinando física moderna no segundo grau: efeito fotoelétrico, laser e emissão de corpo negro. Caderno Brasileiro de Ensino de Física, v. 15, n. 2, p. 121-135, 1998.
- DE PAULO, I. J. C.; MOREIRA, M. A. Abordando conceitos fundamentais da mecânica quântica no nível médio. Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências, v. 4, n. 2, 2004.
- DEMO, P. Educar pela pesquisa. Campinas: Autores Associados LTDA, 9. ed. 2015. Editora Martins Fontes, 2001.
- Gil Perez, D., Martinez-Torregrosa, J., Ramirez Castro, J. L., Dumas-Carré, A., Gofard, M., & Pessoa de Carvalho, A. M. Questionando a didática de resolução de problemas: elaboração de um modelo alternativo. Caderno de Ensino de Física brasileiro. Vol. 9, nº. 1 (abril de 1992).
- GIL PÉREZ, D.; MARTINEZ Torregrosa, J.; DUMAS Carré, A.; CAILLOT, M. e RAMIREZ CASTRO, L. La resolución de problemas de lápiz y papel: como actividad de investigación. Investigación en la Escuela. Revista Investigación em la escuela, n. 6, p. 3-20, 1988.
- MACHADO, D. I.; Nardi, R. Construção e validação de um sistema hipermídia para o ensino de física moderna. Revista Electrónica de Enseñanza de las Ciencias, v. 6, n. 1, 2007.
- MARTINS, R. A. Introdução: a história da ciência e seus usos na educação. In Silva, C. C. (org.). Estudos de história e filosofia das ciências: subsídios para aplicação no ensino. São Paulo, SP: Livraria da Física (2006).

MONTENEGRO, Roberto Luiz; PESSOA JR, Osvaldo. Interpretações da teoria quântica e as concepções dos estudantes do curso de física. *Investigações em ensino de ciências*, v. 7, n. 2, p. 107-126, 2002.

MOREIRA, M. A. Teorias de aprendizagem. São Paulo: EPU, 2. ed. 2011.

OLIVEIRA, V.; ARAUJO, I.S.; VEIT, E. A. Resolução de problemas abertos no ensino de física: uma revisão da literatura. *Revista Brasileira de Ensino de Física*, v. 39, n. 3, 2017.

PEREIRA, A. P.; LIMA Junior, P. Implicações da perspectiva de Wertsch para a interpretação da teoria de Vygotsky no ensino de Física. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, v. 31, n. 3, p. 518-535, 2014.

POLYA, G. A arte de resolver problemas: um novo aspecto do método matemático. Rio de Janeiro: Interciência, 1995.

POZO, J. I. A Solução de Problemas: Aprender a resolver, resolver para aprender. Porto Alegre: ArtMed, 1998.

POZO, J. I.; Gómez Crespo, M. Á. A aprendizagem e o ensino de ciências: do conhecimento cotidiano ao conhecimento científico. Porto Alegre: Artmed, 2009.

VERGNAUD, G. O que é aprender? O iceberg da conceitualização. Porto Alegre: GEEMPA, 2017.

VERGNAUD, G. Teoria dos campos conceituais. In: Nasser, L. (Ed.) *Anais do 1º Seminário Internacional de Educação Matemática do Rio de Janeiro*, p. 1-26, 1993.

VILLATORE, A. M. Didática e avaliação em física. São Paulo: Saraiva, 2009.

VYGOTSKY, L. S. A formação social da mente. Brasileira. São Paulo: Martins Fontes, 2. ed. 1988.

VYGOTSKY, L.S. A construção do pensamento e da linguagem. São Paulo.