

**APRENDIZAGEM BASEADA EM EQUIPES PARA O ENSINO DA FÍSICA
ONDULATÓRIA APLICADA À RADIAÇÃO ULTRAVIOLETA**
Team-Based Learning for Teaching Wave Physics Applied to Ultraviolet Radiation

Prof. Me. Romário Lima Santos [romariolimasantosphysic@gmail.com]

Prof. Dr. Celso José Viana Barbosa [cjvianna@academico.ufs.br]

Universidade Federal de Sergipe

bairro Jardim Rosa Elze, CEP 49100-000, São Cristóvão/SE

Recebido: 02/03/26

Aceito: 31/03/2026

Resumo

Este trabalho apresenta os resultados da aplicação da Aprendizagem Baseada em Equipes (ABE) como metodologia ativa para o ensino da Física Ondulatória, utilizando a Radiação Solar Ultravioleta (RUV) como tema para contextualização. A pesquisa foi realizada com estudantes do 2º ano do Ensino Médio em três turmas de uma escola pública, localizada no estado de Alagoas. A metodologia ABE, pautada nos princípios de Larry Michaelsen, foi implementada por meio de um ciclo dividido em etapas que garantia um preparo (testes individuais e em grupo com *feedback* imediato) e tarefas de aplicação de alta complexidade. A análise do Ganho Normalizado demonstrou avanços conceituais notáveis (atingindo 0,93 em uma das turmas), confirmando que a colaboração estruturada promove uma consolidação do conhecimento comparado ao ensino individual. Qualitativamente, a ABE promoveu maior engajamento, responsabilidade mútua e o desenvolvimento de habilidades socioemocionais essenciais. A pesquisa conclui que a ABE é uma ferramenta pedagógica transformadora, capaz de gerar um ambiente de aprendizagem mais reflexivo e significativo no ensino de Física.

Palavras-chave: Aprendizagem Baseada em Equipes; Ensino de Física; Radiação Ultravioleta; Metodologias Ativas; Ensino Médio.

Team-Based Learning for Teaching Wave Physics Applied to Ultraviolet Radiation

Abstract

This study presents the results of applying Team-Based Learning (TBL) as an active methodology for teaching Wave Physics, using Solar Ultraviolet Radiation (UVR) as a contextualization theme. The research was carried out with second-year high-school students in three classes from a public school located in the state of Alagoas, Brazil. The TBL methodology, grounded in Larry Michaelsen's principles, was implemented through a structured cycle divided into stages that ensured adequate preparation (individual and group tests with immediate feedback) and high-complexity application tasks. The analysis of the Normalized Gain demonstrated remarkable conceptual progress (reaching 0.93 in one of the classes), confirming that structured collaboration promotes stronger knowledge consolidation when compared with individual instruction. Qualitatively, TBL fostered greater engagement, mutual responsibility, and the development of essential socio-emotional skills. The research concludes that TBL is a transformative pedagogical tool capable of generating a more reflective and meaningful learning environment in Physics education.

Keywords: Team-Based Learning; Physics Teaching; Ultraviolet Radiation; Active Methodologies; High School.

1. Introdução

O ensino de Física no Brasil, particularmente no Ensino Médio, tem sido marcado pelo desafio de atribuir significado prático a conceitos complexos e abstratos. A Física Ondulatória, por exigir do estudante a compreensão da natureza e das propriedades das ondas, como frequência e comprimento de onda, é frequentemente percebida como um conteúdo distante e excessivamente formal. Essa percepção é, em grande medida, reflexo de uma abordagem pedagógica tradicional que privilegia a transmissão passiva do conhecimento em detrimento da participação ativa e da contextualização, resultando em uma aprendizagem superficial e de baixa retenção.

Diante da necessidade de promover uma educação científica mais engajadora e eficaz, as metodologias ativas emergem como alternativas indispensáveis ao processo de ensino e aprendizagem. Nesse cenário, a Aprendizagem Baseada em Equipes (ABE), ou Team-Based Learning (TBL), desenvolvida por Larry Michaelsen e colaboradores [7], apresenta-se como uma estratégia de aprendizagem cooperativa, destacando-se como uma metodologia ativa que favorece o trabalho em grupo, o desenvolvimento de habilidades sociais e a construção coletiva do conhecimento [4]. Sua estrutura metodológica assegura a responsabilidade individual por meio do Teste de Prontidão Individual (TPI) e potencializa a interdependência positiva entre os membros da equipe. Fundamentada na teoria da interdependência social de Kurt Lewin, a ABE sustenta que as interações em um grupo de aprendizagem podem assumir caráter cooperativo ou competitivo, impactando diretamente o desempenho coletivo [6] e a qualidade das discussões em grupo, como ocorre no Teste de Prontidão em Grupo (TPG). Essa combinação entre rigor conceitual e colaboração tem se mostrado fundamental para a consolidação e a retenção do domínio conceitual [1].

A ABE está intrinsecamente relacionada ao desenvolvimento da interdependência social. Seu sucesso requer uma estruturação das atividades em que a interdependência positiva prevaleça, levando os membros da equipe a compreender que o êxito individual está diretamente associado ao sucesso coletivo. Em contrapartida, a interdependência, na qual o ganho de um implica a perda de outro, característica de ambientes estritamente competitivos, é minimizada. No contexto desta pesquisa, observou-se que a implementação da ABE foi de suma importância para transformar a dinâmica da sala de aula, promovendo ativamente a cooperação e a responsabilidade compartilhada, conforme preconizam os estudos sobre aprendizagem cooperativa [2].

O presente trabalho investiga os impactos da aplicação da Aprendizagem Baseada em Equipes (ABE) no ensino de Física Ondulatória no Ensino Médio, tendo a Radiação Solar na faixa do Ultravioleta (RUV) como eixo integrador e contextualizado dos conteúdos [8]. A escolha da RUV, enquanto porção significativa do espectro eletromagnético, possibilita a articulação entre conceitos físicos abstratos e situações concretas de relevância social e de saúde pública, como a fotoproteção e os riscos associados à exposição excessiva à radiação solar, conferindo maior significado e aplicabilidade ao conhecimento científico.

Essa é uma pesquisa-ação que apresenta um método quantitativa de avaliação, fundamentada na comparação dos desempenhos dos estudantes nos Testes de Prontidão Individual (TPI) e nos Testes de Prontidão em Grupo (TPG), instrumentos característicos da metodologia ABE. A comparação entre os resultados individuais e coletivos permitiu avaliar a evolução conceitual dos estudantes ao longo da intervenção pedagógica, bem como identificar os efeitos da aprendizagem colaborativa no desempenho acadêmico.

A intervenção foi desenvolvida no âmbito desta dissertação em três turmas do 2º ano do Ensino Médio de uma escola pública localizada no município de Arapiraca, no estado de

Alagoas, com um total de 150 estudantes. Os resultados obtidos indicam que a ABE favorece a aprendizagem conceitual em Física Ondulatória, promovendo maior engajamento, participação ativa e consolidação do conhecimento, especialmente quando associada a temas científicos socialmente relevantes.

Dessa forma, são apresentados os ganhos de aprendizagem proporcionados pela metodologia ABE em comparação com o estudo individual. A análise é fundamentada na interpretação dos gráficos de desempenho obtidos nos testes de prontidão individual (TPI) e em grupo (TPG), bem como no cálculo do Ganho Normalizado proposto por Hake [3], buscando evidenciar o potencial do trabalho colaborativo no desenvolvimento da compreensão conceitual dos estudantes. Além disso, são discutidos os avanços relacionados ao desenvolvimento de habilidades socioemocionais, como engajamento ativo, argumentação e responsabilidade mútua, consideradas essenciais para a formação integral do aluno do Ensino Médio.

2. Aprendizagem Cooperativa

Segundo Johnson, Johnson e Smith [5], a Aprendizagem Cooperativa, fundamentada na teoria da interdependência social, constitui um importante referencial pedagógico no campo das metodologias ativas, ao reposicionar o estudante não apenas como participante, mas como agente responsável pela construção coletiva do conhecimento. Trata-se de um conjunto de práticas estruturadas que reorganizam o trabalho em grupo, afastando-o de concepções espontâneas ou desordenadas e aproximando-o de modelos baseados na interdependência positiva, na responsabilidade mútua e no desenvolvimento socioemocional. No âmbito da Educação Científica, especialmente no ensino de Física, essa abordagem assume uma relevância particular ao favorecer ambientes de resolução de problemas, tomada de decisão e confronto de ideias, dimensões centrais para o desenvolvimento do letramento científico no Ensino Médio.

Historicamente, embora o conceito de cooperação possua raízes em vertentes socioconstrutivistas, com contribuições de autores como Vygotsky, Dewey e Lewin, a sistematização da aprendizagem cooperativa está associada, sobretudo, aos trabalhos dos irmãos David W. Johnson e Roger T. Johnson [4], bem como às contribuições de Karl Smith [5], responsáveis por estabelecer princípios, taxonomias e instrumentos avaliativos amplamente difundidos na literatura educacional. Para esses autores, o simples fato de trabalhar em grupo não garante a aprendizagem; é imprescindível estruturar dinâmicas de interdependência, critérios avaliativos claros e mecanismos de responsabilização individual e coletiva. Dessa forma, o grupo deixa de ser um arranjo social espontâneo e passa a configurar-se como uma estrutura pedagógica intencional, sustentada por cinco pilares fundamentais:

- 1 - Interdependência positiva, na qual o sucesso individual está diretamente relacionado ao sucesso coletivo;
- 2 - Responsabilidade individual e grupal, evitando a dispersão de tarefas ou a dependência excessiva de um único estudante;
- 3 - Interação promotora face a face, que estimula a comunicação assertiva, a argumentação e o feedback contínuo;
- 4 - Habilidades sociais e colaborativas, ensinadas explicitamente e continuamente aperfeiçoadas;
- 5 - Avaliação do funcionamento do grupo, incluindo processos de autoavaliação, coavaliação e definição de metas de melhoria.

Esses elementos distinguem a aprendizagem cooperativa das práticas tradicionais de trabalho em grupo, frequentemente marcadas pela fragmentação de tarefas, desigualdades

produtivas e silenciamento discursivo. No modelo cooperativo, o docente deixa de ocupar o papel de transmissor exclusivo da informação e ressignifica sua atuação como mediador, observador e organizador das estruturas sociais de aprendizagem, deslocando a ênfase do ensino para o desenvolvimento de competências cognitivas, sociais e interpessoais.

No campo conceitual, Johnson e Johnson [5] argumentam que a aprendizagem cooperativa opera como uma ferramenta social capaz de modificar níveis de engajamento, autoestima acadêmica, permanência escolar e desempenho dos estudantes. Diversas pesquisas demonstram ganhos significativos quando comparados ao ensino individualista ou competitivo, especialmente em contextos de grupos heterogêneos. Tais evidências relacionam-se, em parte, ao princípio da elaboração cognitiva: ao explicar, discutir e negociar significados, os estudantes reorganizam suas representações mentais, refinam conceitos e desenvolvem um domínio mais profundo sobre o conteúdo.

A Aprendizagem Cooperativa também dialoga com as teorias sociocognitivas de Vygotsky ao operar na zona de desenvolvimento proximal (ZDP), espaço no qual a aprendizagem se torna possível por meio da mediação de pares mais experientes ou do apoio estrutural oferecido pelo grupo. Nesse sentido, a interação desempenha o papel de ferramenta epistemológica, não sendo um simples suplemento social ao processo de aprendizagem, mas o próprio ambiente no qual o conhecimento é produzido [11].

Do ponto de vista socioemocional, a aprendizagem cooperativa contribui para o desenvolvimento de capacidades como escuta ativa, negociação de turnos de fala, empatia cognitiva, tolerância à divergência e gerenciamento de frustrações. Esses comportamentos não são periféricos ao desempenho acadêmico; ao contrário, constituem componentes centrais para a participação social qualificada, a resolução de problemas e a competência científica. Johnson e Johnson [5] enfatizam que, diferentemente da suposição de neutralidade emocional na aprendizagem, as interações cooperativas promovem segurança psicológica, parte importante que antecede a exploração intelectual e a manifestação pública de dúvidas.

Além dos benefícios relacionados ao desempenho conceitual, observa-se que a aprendizagem cooperativa produz ganhos significativos no âmbito da equidade educacional. Estudantes historicamente marginalizados, seja por dificuldades acadêmicas, baixa autoestima ou condições socioeconômicas e geográficas desfavoráveis, tendem a apresentar maior permanência, participação e protagonismo quando inseridos em estruturas cooperativas de aprendizagem, uma vez que tais ambientes promovem interdependência positiva, apoio entre pares e valorização das contribuições individuais [5].

3. Aprendizagem Baseada em Equipes (ABE)

A Aprendizagem Baseada em Equipes (ABE), estruturada nos pressupostos teóricos de Larry Michaelsen, surgiu no contexto do ensino superior norte-americano, sendo inicialmente aplicada em cursos da área de Administração e, posteriormente, consolidada em campos como as Ciências da Saúde, nas décadas de 1970 e 1980. Desde então, expandiu-se internacionalmente como resposta à necessidade de ambientes formativos mais participativos e colaborativos [7]. Diferentemente das práticas tradicionais, centradas na transmissão expositiva e na responsabilização estritamente individual, a ABE reorganiza o trabalho pedagógico em torno da preparação prévia dos estudantes, da responsabilização individual, da realização de testes em grupo com feedback imediato e de tarefas de aplicação de alta complexidade, promovendo um ambiente de aprendizagem estruturado, colaborativo e intelectualmente desafiador. Desta forma, tem se consolidado como uma das metodologias ativas mais trabalhada no ensino de Ciências, principalmente em contextos que exigem raciocínio abstrato, elaboração conceitual e tomada de decisão [9].

No contexto da presente pesquisa, a Aprendizagem Baseada em Equipes (ABE) foi adotada como eixo metodológico para o ensino de Física Ondulatória, tendo a radiação

ultravioleta solar como tema central de contextualização. Essa escolha possibilitou a articulação entre fenômenos físicos abstratos e situações concretas do cotidiano, estimulando a curiosidade científica e a aplicabilidade dos conceitos estudados. O ciclo da ABE foi implementado de forma estruturada, conforme proposto por Michaelsen, Sweet e Parmelee [7], por meio da realização de testes individuais, testes em equipe e etapas de discussão, seguidos de atividades de aplicação, nas quais os grupos precisaram interpretar dados, justificar hipóteses e formular decisões consensuais.

Desta forma, a Aprendizagem Baseada em Equipes apresenta-se como um processo de ensino-aprendizagem que promove a participação ativa dos estudantes. Conforme discutido por Michaelsen, Knight e Fink [7], a ABE está condicionada à implementação de princípios essenciais que orientam sua organização pedagógica e asseguram o desenvolvimento de aprendizagens significativas, sendo eles:

Princípio 1 – Formação e gestão das equipes

As equipes devem ser formadas pelo professor de modo heterogêneo e equilibrado, considerando diferentes níveis de conhecimento e perfis dos estudantes. A permanência dos grupos ao longo do tempo favorece a coesão, a colaboração e o desenvolvimento de equipes eficazes de aprendizagem.

Princípio 2 – Responsabilização individual e coletiva

A ABE exige preparo individual prévio e participação ativa nas atividades em grupo, garantindo responsabilidade compartilhada pela aprendizagem. Mecanismos avaliativos asseguram o engajamento, a interdependência positiva e a qualidade das interações.

Princípio 3 – Tarefas significativas de aplicação

As atividades em equipe devem envolver problemas relevantes, comuns a todos os grupos e baseados em escolhas específicas. A apresentação simultânea das respostas promove discussão, argumentação e consolidação conceitual.

Princípio 4 – Feedback frequente e oportuno

O feedback contínuo orienta o desempenho dos estudantes e das equipes, favorecendo a autorregulação e o aprimoramento da aprendizagem. Esse retorno fortalece a confiança coletiva e a autonomia intelectual.

De acordo com Michaelsen, Knight e Fink [7], a implementação da ABE inicia-se com a organização do conteúdo curricular em unidades temáticas, definidas a partir dos tópicos conceitualmente mais relevantes. Os estudantes realizam a preparação prévia por meio do acesso aos materiais disponibilizados antes das aulas, assumindo um papel mais autônomo no processo formativo. Essa etapa é seguida pela aplicação dos Testes de Prontidão Individual e em Grupo, que favorecem a interação entre pares, a negociação de ideias e a consolidação conceitual. Ao longo de todo o ciclo, o professor atua de forma ativa na mediação das discussões, no fornecimento de feedback contínuo e na garantia da coerência pedagógica. O processo se encerra com atividades de aplicação, individuais ou em equipe, voltadas à resolução de problemas e à tomada de decisão, permitindo a avaliação do domínio conceitual construído ao longo de cada unidade.

A (Fig. 1) sintetiza visualmente essa organização, registrando o fluxo completo da metodologia da preparação individual ao desempenho coletivo e demonstrando como cada etapa se articula para consolidar a aprendizagem colaborativa.

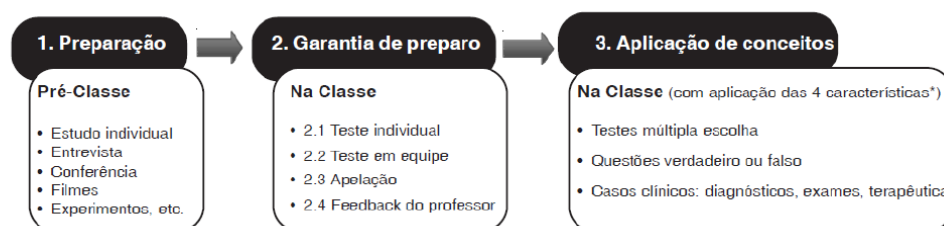


Figura 1 - Representação da estrutura de aplicação ABE. (BOLLELA et al., 2014), pg. 294.

A adoção da Aprendizagem Baseada em Equipes (ABE) não implica a diminuição do papel do professor no processo educativo, mas sim a reconfiguração de sua atuação, que passa de transmissor de conteúdo para mediador, planejador e organizador das situações de aprendizagem. Nessa abordagem, o docente estrutura atividades que promovem a participação ativa dos estudantes e o trabalho cooperativo, estabelecendo um modelo no qual a responsabilidade pela aprendizagem é compartilhada entre os integrantes das equipes.

4. Estratégia Metodológica

Conforme previsto pelo método aplicado, o primeiro passo consistiu na formação de grupos heterogêneos, buscando equilibrar os diferentes perfis dos estudantes e favorecer a colaboração entre distintos níveis de desempenho acadêmico. Para ampliar a pluralidade das equipes e assegurar escolhas coerentes com a realidade das turmas, aplicou-se previamente um questionário sociointeracional, destinado a identificar características individuais relevantes, tais como formas de participação, estilos de interação, iniciativa, relações interpessoais, assim como outros elementos considerados essenciais para o adequado desenvolvimento da metodologia.

Dessa forma, a organização inicial das equipes não ocorreu de maneira aleatória, mas foi planejada de modo a potencializar o processo colaborativo e atender aos pressupostos centrais da ABE.

As etapas foram estruturadas de forma progressiva, iniciando-se pela preparação prévia do estudante, seguida pela aplicação do Teste de Prontidão Individual (TPI), elaborado pelo professor com base nos conceitos trabalhados na introdução da Física Ondulatória e na abordagem da radiação solar na faixa do ultravioleta. Esse instrumento teve como objetivo diagnosticar o nível inicial de compreensão conceitual dos estudantes. Na sequência, realizou-se o Teste de Prontidão em Grupo (TPG), composto pelas mesmas questões, também preparadas pelo professor, permitindo que as equipes negociassem respostas, construíssem consensos conceituais e recebessem feedback imediato. Essa organização possibilitou a verificação progressiva da evolução do conhecimento, a partir da comparação entre o desempenho individual e coletivo. Quando necessário, os grupos puderam recorrer ao procedimento de apelação, apresentando justificativas fundamentadas para respostas divergentes em relação à avaliação conceitual proposta.

A preparação prévia constitui o ponto de partida do ciclo da Aprendizagem Baseada em Equipes, garantindo que o estudante chegue aos encontros presenciais com uma base conceitual mínima que lhe permita participar de forma qualificada das discussões. Esse preparo impacta diretamente os resultados quantitativos iniciais, ao condicionar o desempenho no Teste de Prontidão Individual (TPI), além de contribuir para indicadores qualitativos relacionados ao desenvolvimento da autonomia e da autorregulação dos estudantes.

No início de cada ciclo temático, os estudantes devem realizar o TPI, composto por questões organizadas em itens de resposta objetiva, elaboradas com base nos referenciais teóricos previamente disponibilizados. As questões contemplavam conceitos essenciais do conteúdo, permitindo identificar o estado cognitivo individual antes do início da cooperação em grupo. O teste foi realizado sem consulta e corrigido imediatamente. Os dados numéricos obtidos nessa etapa constituem o primeiro marco para o cálculo do ganho normalizado e evidenciam lacunas conceituais existentes antes da interação colaborativa. Do ponto de vista qualitativo, o TPI reforça a responsabilização individual, reduz a passividade discente e evidencia diferentes posturas em relação ao estudo prévio.

Após a etapa individual, as mesmas questões foram resolvidas novamente, desta vez em grupos fixos compostos por quatro a seis estudantes. O Teste de Prontidão em Grupo

(TPG) utilizou cartões de resposta imediata, o que possibilitou correções automáticas e fomentou discussões a partir das divergências conceituais identificadas. Nessa fase, também foi empregado um recurso digital disponibilizado pelo acervo da UNESP (<https://acervodigital.unesp.br/>), que viabilizou a interação entre os integrantes dos grupos e a consulta às justificativas teóricas antes da consolidação das respostas [10]. A Figura 2 apresenta a interface da plataforma, a qual favoreceu o acesso orientado a materiais de apoio, a revisão de fundamentos conceituais e a validação argumentativa antes da tomada de decisão coletiva.

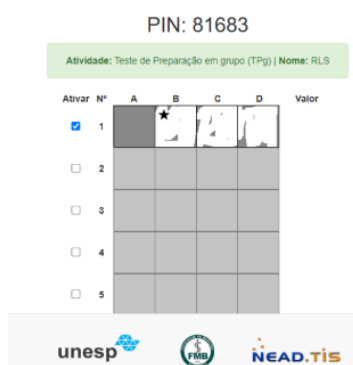


Figura 2 - Interface do sistema de raspadinha online para o Teste de Preparação em Grupo (Unesp, 2024).

Assim, essa etapa funcionou na condição de eixo estruturante da responsabilização coletiva: erros individuais eram debatidos e negociados no interior das equipes, enquanto os acertos se transformavam em conquistas compartilhadas. Dessa forma, o TPG promoveu processos de negociação cognitiva, revisão de hipóteses e argumentação fundamentada entre os integrantes do grupo, fortalecendo a aprendizagem colaborativa.

Após a aplicação dos testes de prontidão, os grupos foram desafiados com problemas abertos, formulações situacionais e estudos envolvendo radiação ultravioleta, índices UV, mecanismos de absorção e riscos associados à saúde humana. As tarefas exigiam tomada de decisão, interpretação de dados reais e aplicação dos conceitos da Física Ondulatória em contextos ambientais e sociais, favorecendo a articulação entre teoria e prática.

O procedimento de apelação, quando necessário, mobilizou a elaboração de justificativas científicas fundamentadas, levando os grupos a recorrer a fontes teóricas ou aos materiais didáticos previamente disponibilizados. Embora essa etapa não envolva indicadores numéricos diretos, ela ampliou significativamente os resultados qualitativos relacionados à argumentação, ao pensamento crítico e à validação teórica, evidenciando uma evolução construtiva na defesa de ideias e na consolidação conceitual.

Em síntese, a método adotado estruturou um ciclo formativo organizado em duas etapas distintas, com o objetivo de analisar a evolução da compreensão dos estudantes tanto nos conceitos introdutórios quanto nos conceitos específicos da Física Ondulatória e da radiação ultravioleta. Essa organização possibilitou acompanhar de forma progressiva o desenvolvimento conceitual ao longo do processo de ensino-aprendizagem, a partir da comparação entre os desempenhos individuais e coletivos em cada etapa. Dessa forma, buscou-se promover a responsabilização individual, a negociação conceitual em equipe e a resolução aplicada de problemas, elementos centrais da Aprendizagem Baseada em Equipes.

5. Resultados e Discussões

A análise dos resultados obtidos revelou efeitos significativos tanto na dimensão conceitual quanto na dimensão atitudinal dos estudantes. Em termos quantitativos, o indicador utilizado foi o ganho normalizado de Hake (g) [3], empregado como métrica

comparativa entre os desempenhos observados nas Etapas 1 e 2, referentes à evolução dos conceitos desenvolvidos ao longo da aplicação da metodologia.

Para a aplicação da fórmula do ganho normalizado, as pontuações obtidas nos testes foram inicialmente convertidas em valores percentuais. Tanto o Teste de Prontidão Individual (TPI) quanto o Teste de Prontidão em Grupo (TPG) possuíam pontuação máxima de 40 pontos. Dessa forma, as notas brutas dos estudantes foram transformadas em porcentagens, tomando-se como referência o valor máximo possível em cada instrumento avaliativo.

A título de exemplificação, um estudante que obteve 20 pontos no TPI apresentou desempenho correspondente a 50% do total, enquanto uma pontuação de 27 pontos no TPG equivale a 67,5%. Esses valores percentuais foram, então, empregados no cálculo do ganho normalizado, possibilitando a análise do avanço conceitual dos estudantes a partir da comparação entre o desempenho individual inicial e o desempenho coletivo posterior. Esses ganhos foram calculados da seguinte forma, apresentado na (Fig. 3):

$$g = \frac{TPG - TPI}{100 - TPI}$$

Figura 3 - Fórmula do ganho normalizado, realizado com as pontuações dos TPI e TPG, das duas etapas aplicadas.

Esses resultados estão representados nas Figuras (Fig. 4) e (Fig. 5), que sintetizam o avanço conceitual das turmas ao longo do processo de ensino, realizado com um total de 150 estudantes. Os dados evidenciam que a ABE proporcionou um nível superior de compreensão conceitual de forma global, inclusive entre os estudantes que apresentavam baixo desempenho inicial, indicando o potencial da metodologia para promover aprendizagens mais equitativas e consistentes.

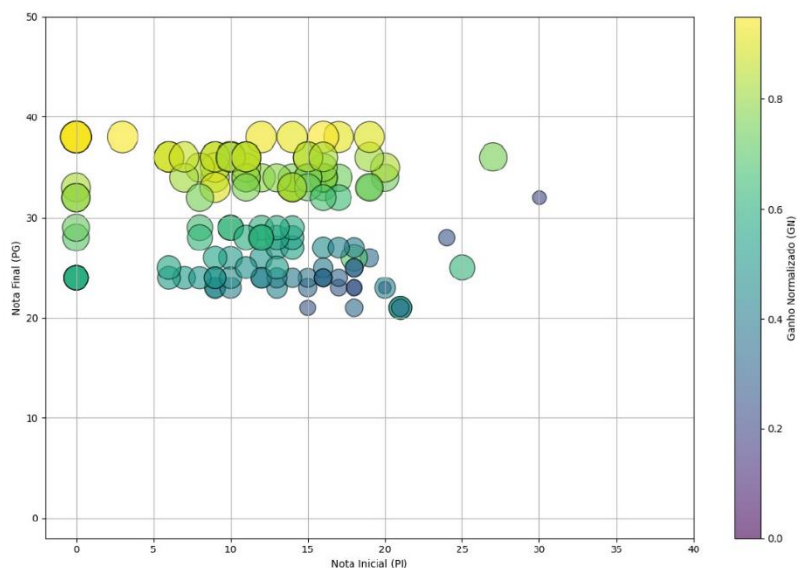


Figura 4 - O Ganho Normalizado demonstra a relação entre as pontuações obtidas nas avaliações da Etapa 1, especificamente nos Testes de Prontidão Individual (TPI) e em Grupo (TPG), para as turmas 2ª V-E, 2ª V-F e 2ª M-H.

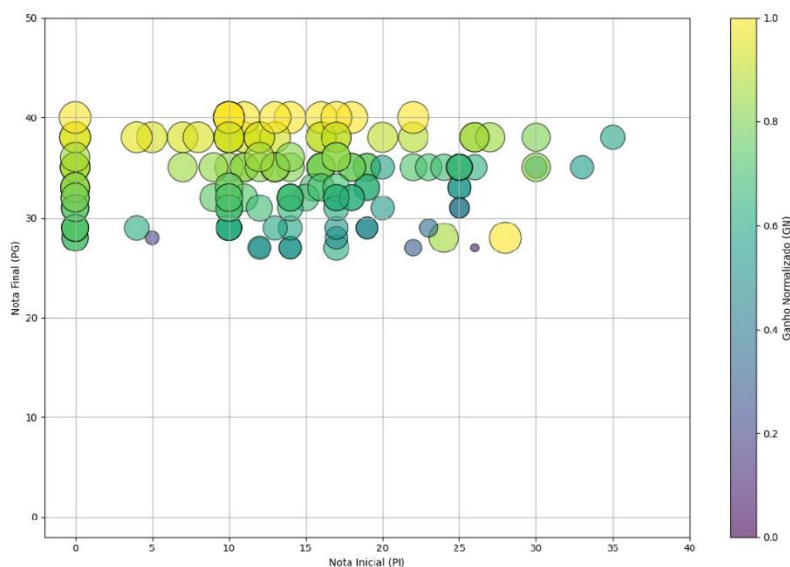


Figura 3 - O Ganho Normalizado demonstra a relação entre as pontuações obtidas nas avaliações da Etapa 2, especificamente nos Testes de Prontidão Individual (TPI) e em Grupo (TPG), para as turmas 2ª V-E, 2ª V-F e 2ª M-H.

As figuras (Fig. 3) e (Fig. 4) apresentam os valores do ganho normalizado das equipes pertencentes às três turmas — 2V-E, 2V-F e 2M-H — comparando os resultados obtidos entre as Etapas 1 e 2 da intervenção. Observa-se uma tendência geral de crescimento nos índices de aprendizagem, especialmente no desempenho das equipes, o que reforça a potencialidade das estratégias pedagógicas adotadas. As figuras representam a distribuição dos ganhos normalizados alcançados pelos estudantes, considerando a variação entre a etapa inicial e a etapa final do processo metodológico.

Os resultados apresentados correspondem à distribuição dos estudantes em função dos valores de ganho normalizado obtidos a partir das pontuações nos Testes de Prontidão Individual (TPI) e nos Testes de Prontidão em Grupo (TPG), aplicados em duas etapas ao longo da intervenção. Nas representações gráficas, o tamanho das esferas está diretamente associado à quantidade de estudantes que alcançaram determinado intervalo de ganho normalizado. Observa-se, por exemplo, na Figura 4, a predominância de esferas de maior dimensão concentradas em valores de ganho próximos a 0,8, indicando um número expressivo de alunos que apresentaram evolução significativa da aprendizagem. Em contraste, esferas de menor tamanho, associadas a ganhos entre 0,4 e 0,6, representam quantitativos reduzidos de estudantes. Do ponto de vista estatístico, essa distribuição evidencia que os avanços observados não se restringem à familiarização com as questões, mas refletem a internalização de relações conceituais fundamentais entre frequência, energia, espectro eletromagnético e radiação ultravioleta, conteúdos reconhecidamente complexos e desafiadores no Ensino Médio.

Esse avanço numérico adquire relevância adicional quando comparado às condições iniciais das turmas. De acordo com os relatos coletados por meio dos questionários diagnósticos, grande parte dos estudantes declarou apresentar desconhecimento prévio e dificuldades na compreensão dos conteúdos de Física, sobretudo em aspectos que envolvem relações matemáticas e interpretação conceitual. A evolução ascendente, evidenciada nas figuras referentes ao ganho normalizado, reforça a ocorrência de uma mudança efetiva no padrão de resposta dos estudantes ao longo da intervenção.

Do ponto de vista quantitativo, esse movimento colaborou para a redução da variância entre estudantes com desempenhos mais elevados e os outros estudantes, indicando um efeito de homogeneização conceitual promovido pela metodologia.

A análise das atividades desenvolvidas durante a aplicação da Aprendizagem Baseada em Equipes (ABE) também evidencia a redução da dependência cognitiva unilateral, fenômeno recorrente em ambientes centrados exclusivamente na exposição oral do professor. Complementarmente, os dados qualitativos reforçam os indicadores numéricos ao apontarem mudanças significativas na postura dos estudantes ao longo da intervenção. Os registros observacionais indicam aumento da segurança conceitual e afetiva, redução da evasão cognitiva e maior permanência intelectual nas tarefas propostas. Os estudantes passaram a se manter engajados por mais tempo, a discutir hipóteses, a buscar referências teóricas e a justificar suas escolhas antes de validá-las coletivamente. Esse comportamento é consistente com a literatura da aprendizagem cooperativa, que associa estruturas baseadas na interdependência social a níveis mais elevados de envolvimento cognitivo, responsabilidade compartilhada e persistência em tarefas de maior complexidade [4].

Assim, os resultados quantitativos indicam que a Aprendizagem Baseada em Equipes (ABE), aplicada ao ensino de Física Ondulatória, favoreceu uma evolução da aprendizagem dos estudantes, evidenciada pelo aumento dos desempenhos entre as etapas avaliativas e pelos valores obtidos no ganho normalizado. Esses indicadores revelam que os alunos não apenas ampliaram o número de acertos, mas também aprofundaram a compreensão dos conceitos trabalhados. Paralelamente, a metodologia promoveu transformações significativas nas posturas de aprendizagem, uma vez que os estudantes deixaram de assumir uma posição passiva e passaram a atuar de forma mais ativa e autoral na construção do conhecimento. Nesse contexto, o ganho normalizado não se restringe a um simples aumento percentual, mas representa a materialização estatística de um processo formativo fundamentado na colaboração, na argumentação e na elaboração conceitual coletiva.

Portanto, a análise dos dados quantitativos, fundamentada nos resultados do ganho normalizado, sustenta a conclusão de que a avaliação da aprendizagem deve ser concebida como um processo contínuo e progressivo, no qual a intervenção pedagógica promove avanços conceituais significativos e mensuráveis. Os índices observados evidenciam uma melhoria consistente no desempenho dos estudantes ao longo da aplicação da metodologia, inclusive entre aqueles com baixo desempenho inicial, indicando um efeito de homogeneização conceitual.

6. Considerações Finais

A sequência formativa desenvolvida ao longo da intervenção respeitou integralmente os princípios estruturantes da Aprendizagem Baseada em Equipes, articulando leituras preparatórias, Testes de Prontidão Individual (TPI), Testes de Prontidão em Grupo (TPG), discussões mediadas, apelações fundamentadas e feedback contínuo. Esse processo possibilitou a integração dos conhecimentos prévios aos novos conteúdos, promovendo a progressão conceitual no estudo da Física Ondulatória. Para além do domínio teórico, observou-se o desenvolvimento de habilidades socioemocionais essenciais, como responsabilidade, cooperação, comunicação e resolução de problemas, dimensões que se mostraram tão relevantes quanto o desempenho cognitivo.

A diversificação dos instrumentos avaliativos, incluindo testes conceituais, simulações e formulários digitais, ampliou o engajamento dos estudantes e consolidou práticas de autorregulação da aprendizagem. Essa dinâmica favoreceu a construção de um ambiente em que o erro passou a ser compreendido como uma etapa produtiva do processo formativo, sustentada pelo papel ativo do professor na escuta qualificada e na mediação pedagógica.

Em termos de desempenho acadêmico, os resultados quantitativos obtidos a partir do ganho normalizado (g) confirmaram avanços expressivos. Equipes que iniciaram o processo com baixo desempenho apresentaram crescimento consistente ao longo da sequência, enquanto grupos com desempenho inicial mais elevado mantiveram estabilidade conceitual, o que indica que a metodologia atuou simultaneamente como mecanismo de redução das desigualdades internas e de aprofundamento conceitual para os estudantes mais avançados.

Embora nem todos os estudantes tenham alcançado o mesmo nível de desenvolvimento conceitual, observou-se progresso significativo em aspectos como engajamento, autonomia intelectual e valorização do trabalho em equipe. Assim, as evidências indicam que a organização das equipes heterogêneas fortaleceu a interdependência positiva e possibilitou que os estudantes reconhecessem suas próprias potencialidades.

Dessa forma, os resultados desta pesquisa apontam perspectivas promissoras para a ampliação da aplicação da Aprendizagem Baseada em Equipes, incluindo o aprofundamento longitudinal do acompanhamento discente e a integração sistemática de práticas colaborativas ao currículo escolar. Esses achados corroboram pressupostos teóricos da ABE descritos na literatura [7] e reforçam evidências empíricas já observadas em estudos aplicados ao ensino de Física no Ensino Médio.

Referências

- [1] Ambrose, S. A., et al. (2010). *How learning works: Seven research-based principles for smart teaching*. San Francisco: Jossey-Bass, 2010.
- [2] Gillies, R. M. (2016). Cooperative learning: Review of research and practice. *Australian Journal of Teacher Education*, 41(3), 39-54, 2016.
- [3] Hake, R. R. (1998). Interactive-engagement vs traditional methods. *American Journal of Physics*, 66(1), 64-74, 1998.
- [4] Johnson, D. W., & Johnson, R. T. (2009). An educational psychology success story: Social interdependence theory and cooperative learning. *Educational Researcher*, 38(5), 365-379, 2009.
- [5] Johnson, D. W., Johnson, R. T., & Smith, K. (1998). *Active learning: Cooperation in the college classroom* (2. ed.). Edina: Interaction Book Company, 1998.
- [6] Lewin, K. (1948). *Resolving social conflicts: Selected papers on group dynamics*. New York: Harper.
- [7] Michaelsen, L. K., Sweet, M., & Parmelee, D. X. (Eds.). (2008). Team-based learning. *New Directions for Teaching and Learning*, 116. San Francisco: Jossey-Bass, 2008.
- [8] XXXXXX. Aprendizagem Baseada em Equipes para o ensino de Física Ondulatória aplicada à radiação solar na faixa do ultravioleta. 2025. Dissertação (Mestrado Nacional Profissional em Ensino de Física) – XXXXXX, 2025.
- [9] Silva, A. F. (2021). Metodologias ativas no ensino de Física: Revisão conceitual e perspectivas de pesquisa. *Caderno Brasileiro de Ensino de Física*, 38(2), 515-545, 2021.
- [10] (UNESP), U. E. P. Centro de Formação e Inovação. 2024. Acessado em: 11 out. 2024. Disponível em: <<https://sites.fmb.unesp.br/cfi/sistema/login.php>>.
- [11] Vygotsky, L. S. (1978). *Mind in society: The development of higher psychological processes*. Cambridge: Harvard University Press., 1978.