

Microscopia óptica e raciocínio proporcional: Construção de saberes científicos-matemáticos por meio de práticas colaborativas no Ensino Fundamental

Optical microscopy and proportional reasoning: Constructing scientific-mathematical knowledge through collaborative practices in Elementary Education

Microscopía óptica y razonamiento proporcional: Construcción de saberes científico-matemáticos a través de prácticas colaborativas en la Educación Primaria

Recebido: 27/06/2025 | Revisado: 03/07/2025 | Aceitado: 03/07/2025 | Publicado: 05/07/2025

Alessandra Regina Batista Rodrigues

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-1206-9581>

Universidade de Taubaté, Brasil

E-mail: alessandra.rbdrigues@unitau.br

Thaís Ferreira da Costa

ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-6395-6063>

Universidade de Taubaté, Brasil

E-mail: thais.fcosta@unitau.br

Romualdo José dos Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5200-9993>

Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, Brasil

E-mail: romualdojose@prof.educacao.sp.gov.br

Ceila Cintra Rosa

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8449-6063>

Secretaria da Educação do Estado de São Paulo, Brasil

E-mail: ceilacintra@professor.educacao.sp.gov.br

Susana Aparecida da Veiga

ORCID: <https://orcid.org/0009-0007-3284-3650>

Universidade de Taubaté, Brasil

E-mail: susana.aveiga@unitau.br

Kátia Celina da Silva Richetto

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7368-1973>

Universidade de Taubaté, Brasil

E-mail: katia.csrichetto@unitau.br

Willian José Ferreira

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4636-868X>

Universidade de Taubaté, Brasil

E-mail: willian.jferreira@unitau.br

Resumo

Em contextos de vulnerabilidade social, despertar o interesse dos alunos pressupõe mais que mudanças curriculares, demandando práticas participativas e investigativas. Nesse cenário, a docência ganha valor formativo e ético ao romper com a transmissão tradicional e adotar propostas colaborativas enraizadas nas vivências dos estudantes. Este artigo tem como objetivo apresentar o emprego de práticas investigativas, cooperativas e contextualizadas no desenvolvimento de competências científicas e matemáticas em estudantes do Ensino Fundamental. Desenvolvida em uma escola pública paulista, a proposta integrou a microscopia óptica e problemas matemáticos aplicados, visando fomentar a alfabetização científica crítica. Fundamentado na abordagem *Complex Instruction* e na pedagogia freireana, o estudo destaca a importância dos grupos heterogêneos, da escuta ativa e da valorização dos repertórios culturais como pilares da prática pedagógica. O arranjo didático engloba observação científica, resolução de problemas e raciocínio proporcional, promovendo aprendizagens significativas e engajadas. Os resultados revelam que ambientes interdisciplinares fortalecem o pensamento investigativo, a construção coletiva do conhecimento e a promoção da equidade educacional. Além disso, a pesquisa evidencia o potencial transformador das metodologias ativas e da colaboração na constituição de sujeitos críticos, autônomos e socialmente implicados em suas realidades.

Palavras-chave: Alfabetização científica; Ensino e aprendizagem; Aprendizagem colaborativa; Equidade; PED Brasil.

Abstract

In contexts of social vulnerability, fostering student interest requires more than curricular changes. It demands participatory and investigative practices. In this scenario, teaching takes on formative and ethical significance by

moving away from traditional methods of instruction and embracing collaborative approaches that are grounded in students' lived experiences. This article aims to present investigative, cooperative and contextualized practices for developing scientific and mathematical skills in primary school students. Developed in a public school in São Paulo (Brazil), the program integrated optical microscopy and applied mathematical problems to promote critical scientific literacy. Based on the Complex Instruction approach and Freirean pedagogy, the study emphasizes the importance of heterogeneous groups, active listening, and appreciating students' cultural backgrounds as key components of effective teaching. The didactic structure combined scientific observation, problem-solving, and proportional reasoning to promote meaningful, engaged learning. The results demonstrate that interdisciplinary environments strengthen investigative thinking, collective knowledge construction, and educational equity. Furthermore, the study reveals the transformative potential of active methodologies and collaboration in cultivating critical, autonomous, and socially engaged individuals.

Keywords: Scientific literacy; Teaching and learning; Collaborative learning; Equity; PED Brasil.

Resumen

En contextos de vulnerabilidad social, despertar el interés de los estudiantes requiere más que cambios curriculares; se necesitan prácticas participativas e investigativas. En este escenario, la labor docente adquiere un valor formativo y ético al romper con la transmisión tradicional y adoptar propuestas colaborativas enraizadas en las experiencias vividas por los estudiantes. El objetivo de este artículo es presentar el uso de prácticas de investigación, cooperativas y contextualizadas en el desarrollo de competencias científicas y matemáticas en alumnos de primaria. Desarrollada en una escuela pública del estado de São Paulo (Brasil), la propuesta integró la microscopía óptica y problemas matemáticos aplicados para fomentar la alfabetización científica crítica. Basándose en el enfoque de instrucción compleja y la pedagogía freireana, el estudio destaca la importancia de los grupos heterogéneos, la escucha activa y la valoración de los repertorios culturales de los estudiantes como pilares de la práctica pedagógica. La estructura didáctica articuló la observación científica, la resolución de problemas y el razonamiento proporcional, lo que promovió aprendizajes significativos y comprometidos. Los resultados revelan que los ambientes interdisciplinarios fortalecen el pensamiento investigativo, la construcción colectiva del conocimiento y la promoción de la equidad educativa. Además, la investigación demuestra el potencial transformador de las metodologías activas y la colaboración en la formación de personas críticas, autónomas y socialmente comprometidas.

Palabras clave: Alfabetización científica; Enseñanza y aprendizaje; Aprendizaje colaborativo; Equidad; PED Brasil.

1. Introdução

O cotidiano das escolas brasileiras apresenta inúmeros desafios relacionados ao envolvimento de estudantes com os campos das Ciências e da Matemática (Sá-Silva *et al.*, 2020). Contudo, o estímulo ao interesse discente demanda mais do que ajustes curriculares, requerendo práticas pedagógicas que convoquem a participação ativa, o pensamento investigativo e a construção compartilhada de sentidos, especialmente em territórios marcados por vulnerabilidades históricas e sociais. Nesse contexto, Ferreira e Richetto (2025) afirmam que a docência adquire densidade formativa e relevância ética quando se distancia da lógica transmissiva e se apoia em propostas colaborativas, baseadas nas experiências de vida dos indivíduos.

Essa concepção converge com a noção de alfabetização científica crítica apresentada por Jesus *et al.* (2024), compreendida como a habilidade de interpretar, argumentar e intervir nas dinâmicas sociais com base no conhecimento escolar. Segundo Carlson *et al.* (2019), tal perspectiva reivindica uma educação sensível ao diálogo e à transformação social, o que Araújo *et al.* (2022) pressupõem como mediações capazes de despertar a curiosidade e mobilizar o conhecimento em contextos vividos. Nesse horizonte, a integração entre Ciência e da Matemática, conduzida por metodologias ativas, potencializa o desenvolvimento do raciocínio lógico e do pensamento relacional (Lima & Silva, 2020).

Cohen e Lotan (2017) entendem que abordagens colaborativas possuem potencial transformador sobre o ambiente escolar, instaurando relações mais simétricas que favorecem a escuta das múltiplas vozes que compõem o cotidiano da sala de aula. Para as autoras, estratégias que envolvem grupos heterogêneos com funções definidas, investigação compartilhada e intencionalidade pedagógica direcionada à equidade expandem as possibilidades de aprendizagem e sustentam pedagogias centradas na escuta, na interação e na valorização da diversidade (Fonseca *et al.*, 2024). Quando concebidas com propósito formativo, tais práticas deslocam a ênfase da reprodução conteudista para a produção coletiva de saberes, incentivando diferentes formas de participação e o fortalecimento dos vínculos entre sujeitos (Carlson, 2019).

Desenvolvida em uma escola pública da rede estadual paulista, localizada no município de São Bento do Sapucaí, no Vale do Paraíba (SP), a proposta surgiu do compromisso coletivo em qualificar os processos formativos por meio do componente eletivo “*Viagem Científica ao Mundo Microscópico*”. Com o uso da microscopia óptica e a análise de dados obtidos por observação direta, os estudantes foram convidados a mobilizar estratégias matemáticas para interpretar fenômenos biológicos. O trabalho incluiu atividades de resolução de problemas contextualizados, especialmente os relacionados ao raciocínio proporcional, promovendo uma estruturação alicerçada entre abstração matemática e experiência empírica.

Ainda que as discussões sobre metodologias colaborativas avancem no campo educacional, a investigação empírica sobre seus efeitos em contextos de desigualdade social ainda é incipiente (Rigoni Lima et al., 2025). Assim, este estudo propõe contribuir com essa lacuna ao examinar, com base teórica e analítica, os efeitos de propostas interdisciplinares que operam intencionalmente na promoção das competências científicas e matemáticas (Ferreira et al., 2024). Isso torna-se ainda mais evidente diante do predomínio de abordagens tecnicistas, distanciadas da realidade discente, como destacam Hochgreb-Hägele et al. (2025). Diante desse cenário, torna-se relevante documentar e analisar experiências que integrem conhecimento, afetividade e justiça cognitiva no fazer pedagógico.

A partir desse cenário, este estudo tem como objetivo apresentar o emprego de práticas investigativas, cooperativas e contextualizadas no desenvolvimento de competências científicas e matemáticas em estudantes do Ensino Fundamental. A pesquisa fundamenta-se na abordagem *Complex Instruction* (Cohen & Lotan, 2017), que propõe a formação de grupos de estudantes com características heterogêneas, com funções definidas e intencionalidade pedagógica volta à equidade, promovendo a distribuição simétrica das oportunidades de participação e o reconhecimento das múltiplas formas de contribuição. A análise dessa experiência demonstra como práticas interdisciplinares pautadas na escuta e cooperação podem revitalizar os cotidianos pedagógicos e fomentar processos formativos mais comprometidos com a justiça social.

2. Fundamentação Teórica

Nesta seção, delineiam-se os aportes que fundamentam a investigação, com ênfase na alfabetização científica crítica e sua interface com a integração entre Ciências e Matemática; nas práticas colaborativas como via de construção de ambientes escolares mais equitativos; e na constituição de experiências interdisciplinares como caminhos para a produção compartilhada de saberes. Parte-se de um diálogo entre referenciais científicos e matemáticos e da epistemologia da complexidade, buscando compreender como essas abordagens se entrelaçam na construção de sentidos formativos vinculados às realidades escolares.

2.1 Alfabetização científica crítica e integração entre Ciências e Matemática

No contexto contemporâneo do ensino de Ciências e Matemática, caracterizado por desafios complexos e inter-relações entre dimensões sociais, ambientais e tecnológicas, torna-se urgente conceber a aprendizagem a partir de perspectivas críticas e integradoras. A alfabetização científica, tida como prática formativa que permite aos sujeitos compreenderem, avaliarem e intervirem criticamente no mundo, ganha centralidade nesse movimento (Jesus et al., 2024). Conforme defendem Sasseron e Carvalho (2011), esse movimento não se restringe ao acesso a conceitos e técnicas, se configurando como processo de compreensão crítica da realidade, fundado na relação entre conhecimento científico, contexto histórico-cultural e prática social.

Essa lógica se alinha à epistemologia da complexidade proposta por Morin (2013), que problematiza o paradigma simplificador do pensamento moderno e defende a necessidade de uma reforma cognitiva capaz de articular os saberes fragmentados. Para Morin, alfabetizar cientificamente é uma forma de resistir à descontextualização das informações e de fomentar uma compreensão interligada e responsiva dos fenômenos que compõem a vida em sociedade. Tal abordagem, ao

integrar os conhecimentos das Ciências Naturais com os das Ciências Humanas e com os saberes cotidianos, reconfigura o papel da escola como espaço de dialogicidade e emancipação.

Nesse cenário, ao deslocar o foco da memorização para a mobilização do conhecimento em situações reais e desafiadoras, a alfabetização científica assume centralidade, implicando engajar os sujeitos em processos que envolvam a argumentação, a experimentação, a leitura crítica de dados e a capacidade de comunicar descobertas (Sasseron, 2015). A Matemática, por sua vez, é convocada a deixar o lugar do exercício técnico para atuar como ferramenta analítico-investigativa, colocando o cálculo, a modelagem e a quantificação a serviço da tomada de decisões em contextos complexos. Nessa direção, Ciências e Matemática constroem uma tessitura conceitual que favorece o pensamento crítico, sobretudo quando reunidas em projetos interdisciplinares enraizados nas vivências estudantis.

Cunha (2021) argumenta que essa integração requer romper com as lógicas fragmentadas que historicamente estruturam os currículos escolares, em favor de uma perspectiva ancorada na epistemologia da complexidade. A aprendizagem, então, se configura como produção de sentido, e o conhecimento escolar deixa de ser fim em si mesmo para tornar-se expressão das experiências, das inquietações e das possibilidades dos sujeitos que habitam os territórios escolares.

Para Carvalho (2008), tais práticas aproximam-se de uma pedagogia problematizadora que reconhece os estudantes como protagonistas, uma vez que ao invés de oferecer um conteúdo frio e distante, estimulando desenvolvimento mais humanizados, tecidos na experiência dialógica e no reconhecimento do outro como legítimo interlocutor. Araújo, Oliveira e Afonso (2021), ao indicar que o trabalho interdisciplinar, sustentado na escuta e na colaboração, pode transformar estudantes em participantes ativos da cultura científica, corroboram essa visão, apropriando-se de instrumentos intelectuais que os preparam a compreender e transformar suas realidades.

Estudos como os de Pimenta e Araújo (2024) reforçam esse entendimento ao indicar que a convergência entre alfabetização científica e pensamento complexo sustenta uma proposta formativa voltada à constituição de sujeitos autônomos, sensíveis às pluralidades e comprometidos com a transformação social. Sob essa ótica, o ensino de Ciências e Matemática transcende a organização didática do conteúdo e se reconhece como campo de experimentação pedagógica, de construção compartilhada de saberes e de reinvenção cotidiana da prática educativa. Contudo, Chassot (2003) adverte que a escola precisa se deixar atravessar pelas inquietações do mundo contemporâneo, deslocando o conhecimento do pedestal da neutralidade, reconhecendo-o como construção cultural e histórica, permeável às experiências dos sujeitos, capaz de formar cidadãos implicados com a realidade e dispostos a intervir criticamente em suas múltiplas dimensões.

2.2 Práticas colaborativas e educação para a equidade no cotidiano escolar

A construção de ambientes pedagógicos mais justos e inclusivos requer o deslocamento de modelos centrados na exposição unidirecional para formas de organização que estimulem a interação, a cooperação e o reconhecimento das diferenças como potência educativa (Jilk, 2016). Nesse contexto, práticas colaborativas sustentadas por intencionalidade formativa emergem como dispositivos promissores para reconfigurar os modos de participação escolar e democratizar o acesso ao conhecimento. Conforme Cohen e Lotan (2017), a constituição de grupos heterogêneos com papéis definidos amplifica as oportunidades de envolvimento dos estudantes, distribuindo de forma simétrica os tempos de fala, as tarefas cognitivas e os espaços de expressão.

Essa abordagem, referida como *Complex Instruction*, desestabiliza hierarquias escolares naturalizadas ao tornar visíveis as múltiplas formas de contribuição como elementos constitutivos da aprendizagem coletiva (Hochgreb-Hägele *et al.*, 2025). Segundo os autores, o envolvimento em tarefas que convocam cooperação interpessoal e corresponsabilidade contribui para o desenvolvimento de competências investigativas, comunicativas e relacionais, ao mesmo tempo em que favorece vínculos de pertencimento e coautoria entre os sujeitos. Fonseca *et al.* (2024) observam que, quando sustentadas na escuta

atenta e na valorização dos repertórios culturais dos estudantes, essas práticas qualificam a docência rumo a uma justiça curricular comprometida com ambientes mais equânimes. Tal perspectiva, alinhada à justiça cognitiva de Santos (2007), valoriza saberes diversos na construção do conhecimento escolar e, ao desafiar a lógica meritocrática, propõe o trabalho coletivo como via para reconfigurar a participação e fortalecer o reconhecimento mútuo como dimensão formativa.

Essas dinâmicas adquirem densidade formativa quando orientadas por propósitos definidos e situadas nas realidades escolares concretas. Li *et al.* (2025) demonstram que, em contextos marcados por vulnerabilidades estruturais, metodologias colaborativas podem redesenhar as expectativas projetadas sobre os estudantes, transferindo o eixo da falta para as potencialidades singulares de cada trajetória. O reconhecimento das diversas formas de contribuição transforma o processo pedagógico em território de afirmação subjetiva, ao favorecer a construção da autoestima acadêmica, a valorização das matrizes socioculturais e a elaboração de saberes enraizados no cotidiano.

Com esse enfoque, a educação para a equidade se corporifica em decisões didáticas cotidianas que reposicionam os sujeitos como autores do processo formativo. Ferreira e Richetto (2025) argumentam que o enfrentamento das assimetrias educacionais supõe uma pedagogia implicada, disposta a acolher a diversidade sem subordiná-la a critérios homogêneos e a tecer sentidos comuns mediante a escuta atenta, a convivência dialógica e a negociação de significados. A prática colaborativa, pensada sob esse prisma, atua como mediação ética e política, convertendo a sala de aula em um espaço de criação compartilhada, onde as diferenças operam como condição e impulso da aprendizagem.

2.3 Ambientes interdisciplinares e a construção compartilhada do conhecimento

A constituição de experiências pedagógicas interdisciplinares requer mais do que a justaposição de conteúdos, necessitando também de ecossistemas de aprendizagem nos quais diferentes campos do saber dialogam em torno de “problemas vivos” dos estudantes. Nessa direção, Chassot (2003) adverte que a escola precisa deixar-se atravessar pelas contradições e urgências do mundo, abandonando a concepção de ciência como neutra, reconfigurando o currículo como campo de experiências formativas. O entrelaçamento científico-matemático, quando situado em práticas investigativas, revela-se particularmente profícuo à mobilização de competências analíticas e relacionais, favorecendo a leitura crítica da realidade.

Estudos como os de Cohen e Lotan (2017) e Torres e Irala (2014) sugerem que a integração entre Ciências e Matemática, mediada por metodologias ativas como o trabalho colaborativo e a resolução de problemas, qualifica os processos de aprendizagem e incide diretamente sobre as condições de equidade escolar. Martins e Nunes (2022) evidenciam que, no Ensino Fundamental, a integração lúdica e interdisciplinar potencializa a aprendizagem em Ciências da Natureza, transformando o ensino de uma abordagem expositiva para uma prática dialógica e investigativa. Em consonância com essas perspectivas, Ferreira *et al.* (2024) reforçam que a colaboração é fundamental para uma educação ambiental crítica, promovendo a reflexão e a ação transformadora dos estudantes diante dos desafios socioambientais.

Para ambos, o ensino deve deixar a lógica da exposição expositiva e passar a constituir-se como prática dialógica e investigativa. O uso da microscopia óptica, por exemplo, tem se mostrado uma ferramenta potente no ensino de Biologia, ao permitir que os alunos observem diretamente estruturas invisíveis a olho nu. Como demonstram Rangel *et al.* (2024), essa estratégia didática desperta o interesse pelos fenômenos naturais, aproximando os estudantes da experimentação científica e da construção de sentidos.

Ao ser associada a conceitos matemáticos, como proporções, escalas e estimativas, a microscopia adquire densidade ainda mais interdisciplinar. Lima e Silva (2020) apontam que essa integração permite que os alunos realizem cálculos aplicados em situações práticas de laboratório, como a contagem de células ou a análise de amostras biológicas, o que contribui para o desenvolvimento de competências investigativas e reflexivas. Conforme Pereira *et al.* (2020), experiências pedagógicas que envolvem a manipulação de instrumentos científicos, aliadas a desafios matemáticos contextualizados, alargam a

compreensão conceitual dos estudantes e estimulam a apropriação ativa do conhecimento. Logo, a observação de fenômenos microscópicos, quando articulada a estratégias de resolução de problemas matemáticos, desencadeia processos cognitivos mais complexos, nos quais os alunos mobilizam saberes de distintas naturezas para construir interpretações e tomar decisões.

Na proposta analisada neste estudo, a microscopia óptica e a resolução de problemas matemáticos atuam como eixos estruturantes da aprendizagem, conectando observações do mundo microscópico a operações de mensuração, análise quantitativa e raciocínio proporcional. A integração entre investigação científica e modelagem matemática rompe com a compartimentalização do saber e cria condições para que os estudantes vivenciem o conhecimento como prática cultural situada. Nessa direção, Sasseron (2015) destaca que a alfabetização científica requer a mobilização do saber em contextos reais, por meio de atividades que envolvam argumentação, experimentação e leitura de dados. Por essa via, o ambiente interdisciplinar não se configura como mero arranjo pedagógico, mas como espaço de encontro entre sujeitos, saberes e territórios.

Sendo assim, a escuta, a negociação de sentidos e a valorização das singularidades passam a constituir o cerne da atividade docente e, como propõem Araújo, Oliveira e Afonso (2021), a integração curricular enraizada na colaboração pode engendrar pertencimento epistêmico e reconhecimento identitário, ressignificando o papel dos estudantes na produção do conhecimento escolar. Essa abordagem, além de dialogar com os princípios da Educação para a Equidade, encontra ressonância nos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), particularmente aqueles voltados à educação de qualidade (ODS 4) e à redução das desigualdades (ODS 10). Portanto, ao articular práticas científicas e competências matemáticas, a experiência interdisciplinar desponta como um importante caminho para a construção coletiva de saberes com sentido ético, social e pedagógico na vida dos estudantes envolvidos.

3. Caminho Metodológico

Esta investigação insere-se na linha de pesquisa Práticas Pedagógicas para a Equidade do Mestrado Profissional em Educação de uma universidade pública municipal do interior de São Paulo. De natureza qualitativa e exploratória, a pesquisa adota uma abordagem interpretativa, sustentada por referenciais críticos e por metodologias ativas voltadas à aprendizagem colaborativa (Pereira *et al.*, 2018), com foco na análise de práticas pedagógicas interdisciplinares em contextos escolares comprometidos com a equidade. O estudo parte da premissa de que a construção de conhecimento em ambientes escolares marcados pela heterogeneidade preme por estratégias pedagógicas que valorizem a interação, a problematização e a corresponsabilidade na ação educativa. Parte-se da premissa de que a construção do conhecimento em contextos escolares marcados pela heterogeneidade exige estratégias pedagógicas que promovam a interação, a problematização e a corresponsabilidade na ação educativa.

Nesse horizonte, a proposta de *Complex Instruction*, delineada por Cohen e Lotan (2017), inspira esta investigação ao conceber a colaboração como condição para o desenvolvimento de ambientes inclusivos e desafiadores, onde diferentes repertórios culturais e cognitivos sejam legitimamente reconhecidos. Simultaneamente, dialoga com a pedagogia freireana, que compreende a educação como prática de liberdade, ancorada na escuta, na dialogicidade e na valorização das experiências concretas dos sujeitos (Freire, 2014).

A experiência pedagógica analisada foi realizada em setembro de 2024, em uma escola estadual localizada no município de São Bento do Sapucaí (SP), a 196 km da capital paulista. Integrante do Programa Ensino Integral (PEI), a instituição apresenta como um de seus focos a promoção da equidade educacional por meio de metodologias ativas e currículos flexíveis. A atividade, intitulada *Viagem Científica ao Mundo Microscópico*, envolveu 25 estudantes dos 8º e 9º anos do Ensino Fundamental e do 1º ano do Ensino Médio. Os participantes foram organizados em grupos heterogêneos, compostos

intencionalmente com base na diversidade etária, de gênero e de trajetórias escolares, com o objetivo de fomentar a cooperação mútua, a corresponsabilidade e a escuta ativa entre os pares.

A proposta constituiu-se como uma prática investigativa interdisciplinar envolvendo Biologia e Matemática, que previa a manipulação de amostras biológicas, neste caso, estruturas florais da azaléa (*Rhododendron simsii*). No laboratório, os estudantes fizeram observações microscópicas e estimativas quantitativas, contando grãos de pólen com a câmara de Neubauer, uma lâmina de vidro que possui uma grade gravada, dividida em quadrados de volume conhecido, que permite a contagem precisa dos elementos presentes em determinado volume. Os procedimentos seguiram os protocolos descritos por Radaeski e Bauermann (2016), adaptados ao contexto escolar e mediados por docentes das respectivas áreas do conhecimento.

Cada grupo recebeu um roteiro com etapas orientadoras que incluíam: (i) coleta e preparação de amostras de pólen; (ii) observação microscópica das estruturas celulares; (iii) utilização da câmara de Neubauer para efetuar as contagens; e (iv) aplicação de uma fórmula matemática para estimar o número total de grãos de pólen produzidos por anteras da espécie analisada. A fórmula utilizada segue o modelo descrito por Cavalcanti *et al.* (2023), representada pela Equação (1).

$$N = \frac{a \times 1000}{0,1 \times 10} \quad (1)$$

Onde:

- N é o número estimado de grãos de pólen,
- a é o número médio de grãos de pólen nas quatro contagens,
- 1000 é o volume total de água destilada utilizado,
- 0,1 é o volume da câmara de Neubauer,
- 10 é o número de anteras utilizadas.

Foram realizadas observações diretas e sistemáticas dos grupos durante o desenvolvimento das atividades práticas, com registros em diário de campo elaborados pelos docentes-observadores. Além disso, analisaram-se os produtos colaborativos criados pelas estudantes, como mapas mentais, esquemas gráficos e representações matemáticas que sistematizavam os cálculos e interpretações realizadas no laboratório.

A avaliação formativa dos processos de aprendizagem foi conduzida por meio de uma rubrica elaborada especificamente para a atividade, contendo critérios relacionados à participação ativa, execução dos procedimentos, precisão nas contagens, coerência nos cálculos matemáticos e qualidade da colaboração entre os membros do grupo. Também foram considerados indicadores qualitativos de engajamento, escuta mútua e corresponsabilidade, a fim de valorizar dimensões formativas nem sempre contempladas por métricas tradicionais de desempenho.

A análise dos cálculos e registros em grupo foi uma estratégia avaliativa chave, permitindo compreender o domínio conceitual e os processos cognitivos envolvidos na expressão matemática das estudantes, conforme Santos e Teixeira (2019). Os materiais produzidos foram analisados por uma abordagem descritivo-interpretativa, conforme Bogdan e Biklen (1994), buscando identificar padrões e sentidos emergentes nas experiências formativas.

Os registros foram examinados como manifestações das interações entre sujeitos, saberes e contextos, revelando compreensões conceituais e modos de engajamento. O foco recaiu sobre a mediação pedagógica, a formação de grupos heterogêneos e a intencionalidade das tarefas, compreendidas como dimensões interligadas na construção de práticas educativas comprometidas com a equidade, a interdisciplinaridade e o reconhecimento da diversidade epistêmica.

4. Resultados e Discussão

Nesta seção, apresentam-se os resultados da atividade *Viagem Científica ao Mundo Microscópico*, com base nos registros observacionais, nas narrativas docentes e nas produções das estudantes. A análise buscou compreender como a experiência contribuiu para o desenvolvimento de competências científicas e matemáticas em um ambiente interdisciplinar e colaborativo.

4.1 Narrativas do microscópio: vozes, descobertas e aprendizados em contexto colaborativo

A expectativa era grande quando adentramos o laboratório naquela manhã. Logo nas primeiras orientações, percebi olhares atentos, mãos inquietas e vozes sussurradas entre os grupos. A atividade da disciplina eletiva *Viagem Científica ao Mundo Microscópico* estava prestes a começar e com ela, a promessa de que Biologia e Matemática finalmente se encontrariam, não como blocos disciplinares, mas como partes de um mesmo enigma a ser desvendado.

Distribuí as flores de *Rhododendron simsii* e os kits de observação. As instruções estavam claras no roteiro, mas a prática sempre reserva surpresas.

— “Professora, essas bolinhas amarelas são as anteras, né?”, perguntou A1, segurando a flor com cuidado.

— “Sim, A1. E é dessas anteras que vamos extrair os grãos de pólen.”

— “Tipo, um monte de pó que parece poeira... mas cheio de vida, né?”, completou A2, com um sorriso que misturava ciência e poesia.

Na primeira etapa, os grupos trituraram as anteras em lâminas com água destilada. Foi então que A3 hesitou:

— “E se a gente colocar água demais? Pode dar erro na conta depois, né?”

— “Pode, sim. Mas vocês vão medir com a pipeta. Tudo tem escala, lembra?”, respondeu A4, apontando para o tubo de ensaio.

Na sequência, vieram a pipetagem e a colocação da amostra na câmara de Neubauer. A observação no microscópio foi um momento de encanto coletivo.

— “A3! Olha aqui, os pólenes parecem planetas!”, exclamou A5.

— “Pera... são esses pontinhos redondos?”, perguntou A6, ainda inseguro.

— “Isso mesmo. E agora a gente conta em quatro quadrantes e tira a média. Fácil”, disse A7, confiante.

— “Fácil pra você, né?”, retrucou A6, com bom humor. “Eu sempre erro essas fórmulas.”

Foi aí que surgiu um dos momentos mais formativos da manhã. A7 se abaixou, pegou o papel do colega e começou a explicar:

— “Vamos fazer juntos. Pega os quatro números. Soma. Divide por 4. Esse é o ‘a’. Agora multiplica por mil, depois divide por um. Porque 0,1 vezes 10 é 1, lembra?”

— “Ahhh! Então é por isso que o denominador vira 1! Faz sentido!”, disse A6, visivelmente mais seguro.

Durante os cálculos, surgiram também interpretações criativas:

— “Gente, se tem isso tudo num quadradinho, imagina a planta inteira!”, refletiu A8.

— “E se der um número quebrado? Pode ter meio grão de pólen?”, brincou A5, arrancando risos.

Nem todos os grupos fluíram com a mesma facilidade. O grupo de A2 teve dificuldades com a escala da câmara:

— “Professora, a gente errou. Achemos que era 0,01 o volume da câmara, e não 0,1.”

— “Por isso o número ficou pequeno demais... parecia que a flor nem tinha pólen”, completou A2, rindo da própria confusão.

Mas, com apoio dos colegas, refizeram os cálculos e recuperaram o entendimento.

Foi bonito ver os estudantes se ajudando. Aqueles com mais facilidade em Matemática guiavam os colegas com paciência. Os que dominavam o uso do microscópio ensinavam com entusiasmo. Vi alianças se formando, conhecimentos circulando.

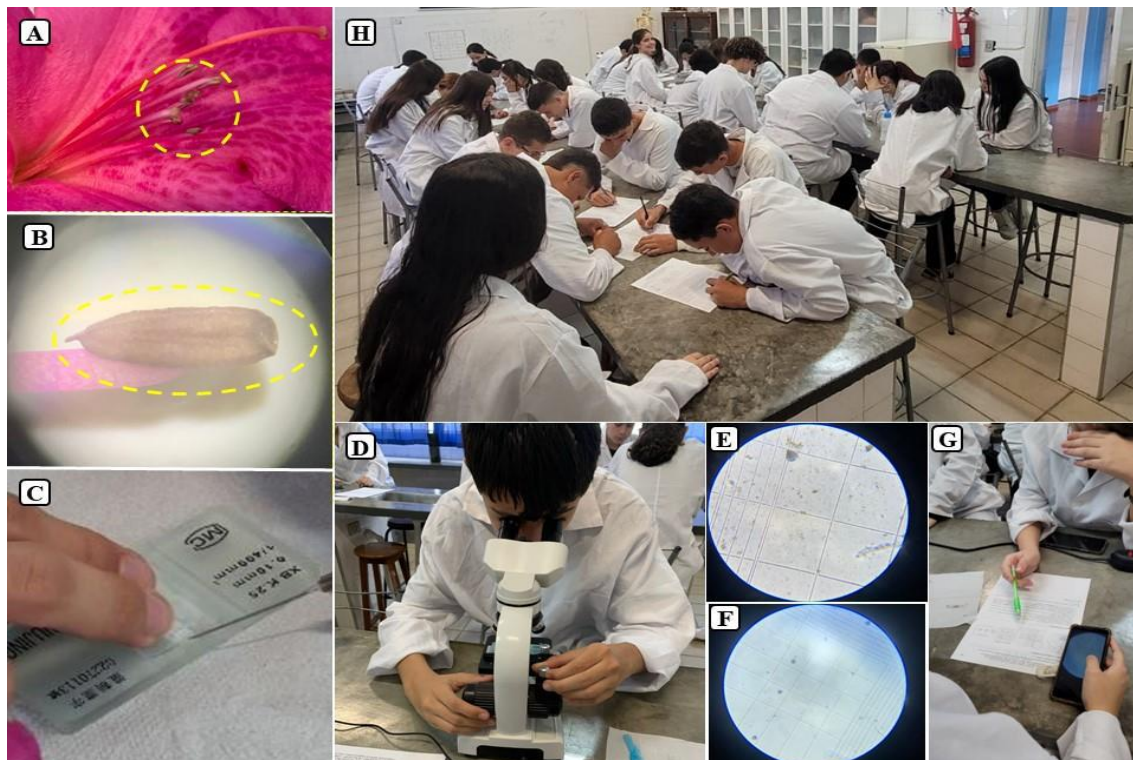
Ao final, os mapas mentais nasceram da colaboração. Gráficos com proporções, esquemas da flor, fórmulas anotadas em cores diferentes. Cada grupo registrou à sua maneira o percurso feito. A3 resumiu:

— “Nunca pensei que eu ia usar uma fórmula de verdade pra contar alguma coisa viva.”

— “Eu também achava que Matemática era só número por número. Agora entendi que ela serve pra ver o que a gente não enxerga”, disse A6.

A Figura 1, inserida nesta seção, sintetiza esse percurso prático e visual da disciplina, permitindo visualizar os momentos-chave da experiência.

Figura 1 – Etapas da atividade “Viagem Científica ao Mundo Microscópico”: A) Amostra de *Rhododendron simsii*, com anteras evidenciadas. B) Microfotografia da antera, aumento 20 vezes. C, D) Preparação e observação da câmara de Neubauer com alíquota de pólen. E, F) Microfotografias dos quadrantes da câmara de Neubauer realizadas pelos alunos, aumento 500 vezes. G, H) Alunos realizando cálculos para estimativa do número de grãos de pólen.



#ParaTodosVerem: A figura apresenta oito imagens registradas durante a atividade “Viagem Científica ao Mundo Microscópico”. As primeiras mostram a amostra da flor *Rhododendron simsii* com as anteras em destaque e uma microfotografia ampliada 20 vezes. Em seguida, observam-se os estudantes preparando e analisando a câmara de Neubauer contendo grãos de pólen. As microfotografias dos quadrantes da câmara estão ampliadas em 500 vezes. Por fim, alunos aparecem realizando os cálculos matemáticos para estimar a quantidade de grãos de pólen, evidenciando a integração entre Biologia e Matemática. Fonte: Acervo dos Autores (2025).

Esses resultados evidenciam a potência formativa da atividade, tanto pela integração de saberes quanto pelo estímulo à participação ativa e contextualizada dos estudantes. A interdisciplinaridade, neste caso, não se traduziu em mera sobreposição de conteúdos, mas em construção conjunta de conhecimento, alicerçada na experimentação, na colaboração e na relevância educativa das práticas. Apesar dos avanços, permanecem desafios associados ao domínio matemático por parte de

alguns estudantes, o que sinaliza a urgência de estratégias de apoio didático mais sensíveis às heterogeneidades do grupo e ao letramento científico e matemático como processo contínuo e situado.

4.2 Análise formativa: interações, sentidos e aprendizagens sob a lente da interdisciplinaridade

A partir dos registros narrativos e dos produtos gerados pelos estudantes durante a disciplina eletiva, procedeu-se a uma análise descritivo-interpretativa nos moldes propostos por Bogdan e Biklen (1994). A abordagem buscou identificar padrões e sentidos emergentes, considerando os registros como manifestações simbólicas das interações entre os estudantes, seus saberes e contextos. Três categorias interdependentes orientaram a interpretação: (i) a mediação pedagógica e seus efeitos formativos; (ii) a dinâmica dos grupos heterogêneos como mediadores da equidade; e (iii) a intencionalidade das tarefas enquanto vetor de interdisciplinaridade e letramento científico-matemático.

A primeira categoria revelou-se central para a compreensão da experiência. A presença ativa da professora, tanto como orientadora quanto observadora sensível, constituiu um elemento-chave para o engajamento estudantil. Logo no início da atividade, a escuta atenta às perguntas e hesitações dos alunos configurou-se como importante gesto pedagógico. A1, perguntando sobre as antras, mobiliza uma curiosidade que é acolhida e expandida pela docente. A2, por sua vez, combina poesia e ciência dizendo que o pólen é "pó cheio de vida", indicando um deslocamento da ciência escolar para o campo da significância afetiva e imagética. Essa abertura ao sensível encontra eco em Carvalho (2008), para quem a pedagogia problematizadora se alimenta da escuta e da valorização dos modos diversos de perceber o mundo. Tais práticas também refletem a concepção de Morin (2013), valorizando a complexidade das relações humanas e cognitivas como condição para a aprendizagem contextualizada.

A segunda categoria incidiu sobre a constituição intencional de grupos heterogêneos, decisiva para o equilíbrio participativo e a circulação dos saberes. Conforme Cohen e Lotan (2017), a heterogeneidade dos grupos, aliada à atribuição de papéis produtivos, tende a impulsionar as oportunidades de expressão e a reduzir as hierarquias implícitas. A interação entre A6 e A7 ilustra esse movimento: enquanto A6 expressa insegurança com os cálculos ("Eu sempre erro essas fórmulas"), A7 assume o papel de tutor, conduzindo a resolução com empatia e clareza. A explicação passo a passo ("Pega os quatro números. Soma. Divide por 4... depois multiplica por mil...") colabora para a compreensão imediata do grupo e também legitima o conhecimento construído em rede. Essa vivência dialoga com as contribuições de Vygotsky (2001) e Fonseca *et al.* (2024), que concebem a aprendizagem como fenômeno socialmente mediado. Também está em consonância com Jilk (2016), evidenciando como a diversidade no grupo pode ser uma potência formativa, e com Hochgreb-Hägele *et al.* (2025), ao enfatizar que o *Complex Instruction* reforça vínculos de pertencimento e corresponsabilidade.

As dificuldades enfrentadas por alguns grupos, como a de A2 que confunde a escala da câmara de Neubauer, também oferecem subsídios interpretativos importantes, uma vez que esses momentos de "quebra" (ou de erro) são compreendidos aqui não como falhas, mas como situações de aprendizagem. Percebendo o equívoco e sendo acolhido por seus pares, o grupo refaz o percurso, realinha os significados e reconstrói o conhecimento, demonstrando a capacidade da pedagogia da equidade em reconhecer o erro como parte do processo, e não como obstáculo. Li *et al.* (2025) destacam que, em contextos de vulnerabilidade escolar, metodologias colaborativas podem deslocar o foco da ausência para a força da experiência. Esse princípio é reafirmado por Ferreira e Richetto (2025), que defendem a centralidade de uma pedagogia comprometida com a escuta, a mediação ética e a valorização das singularidades.

O terceiro eixo interpretativo concentrou-se na intencionalidade das tarefas e sua relação com a construção interdisciplinar do conhecimento. A proposta articulou a observação biológica com o cálculo matemático de modo orgânico, criando um campo de sentido em que os conceitos se entrelaçaram com a experiência concreta dos sujeitos. O espanto de A5 ("os pólenes parecem planetas!") revela o encantamento diante do invisível, um dos objetivos centrais da alfabetização

científica crítica (Sasseron, 2015). Já a pergunta de A3 sobre o volume de água e seu impacto nos cálculos aponta para a percepção dos estudantes quanto à relação entre prática e abstração, entre fenômeno e representação. Martins e Nunes (2022) demonstram que experiências interdisciplinares no Ensino Fundamental favorecem a transição de uma prática expositiva para uma pedagogia investigativa, aspecto evidenciado neste estudo.

Nesses episódios, a Matemática se revela não como um campo isolado, mas como uma ferramenta de interpretação do mundo, com a resolução de problemas aplicados à experiência laboratorial impulsionando competências investigativas, conforme indicam Lima e Silva (2020). A3 e A6, ao refletirem sobre a utilidade real das fórmulas (“Nunca pensei que eu ia usar uma fórmula de verdade pra contar alguma coisa viva”), apontam para uma mudança na relação com o conhecimento: o conteúdo deixa de ser abstrato para ganhar corporeidade, significando-se no contexto da atividade. Esses momentos indicam a emergência de uma Matemática viva, situada e relacional nas escolas.

Entre os diversos conceitos mobilizados, destaca-se o raciocínio proporcional como uma Grande Ideia da Matemática (Charles, 2012), por sua capacidade de conectar diferentes tópicos, como frações, escalas, porcentagens e funções, em um todo coerente e significativo. Sua presença, no contexto da microscopia, evidencia a transversalidade do pensamento proporcional e também seu potencial formativo ao articular procedimentos técnicos com compreensão conceitual em situações autênticas. Essa abordagem coaduna-se com Cunha (2021), que concebe a aprendizagem como produção de sentido, resultado da integração entre saberes diversos e do entrelaçamento entre complexidade, compreensão e ação.

A análise dos mapas mentais e dos esquemas elaborados pelos grupos corrobora esse achado, revelando nos produtos finais uma apropriação do conhecimento simultaneamente conceitual, procedimental e afetiva. Em vez de repetições mecânicas, os registros mostram reorganizações autorais do saber, com anotações criativas e representações visuais que conectam a estrutura floral aos cálculos matemáticos. Essa inteligibilidade criativa remete à noção de letramento científico como prática de construção de sentido (Jesus *et al.*, 2024; Chassot, 2003), além de ressoar nas propostas de Pimenta e Araújo (2024), que advogam pela articulação entre alfabetização científica e pensamento complexo como via para formar estudantes reflexivos e autônomos.

Diante da análise realizada, reconhece-se que a experiência interdisciplinar vivenciada na eletiva contribuiu de modo substancial para o desenvolvimento articulado de competências científicas e matemáticas entre estudantes do Ensino Fundamental. Manipulando amostras biológicas reais, realizando estimativas quantitativas sobre grãos de pólen e registrando descobertas por meio de mapas mentais e micrografias, os alunos mobilizaram habilidades relacionadas à observação sistemática, à análise crítica e à comunicação científica situada. A constituição intencional de grupos heterogêneos favoreceu a elaboração compartilhada dos saberes e consolidou uma dinâmica formativa pautada na escuta, no apoio mútuo e na valorização das trajetórias singulares.

O conjunto de vivências apresentado remete à concepção de pertencimento epistêmico e reconhecimento identitário defendida por Araújo, Oliveira e Afonso (2021), que posiciona os estudantes como protagonistas na construção do conhecimento. A proposta pedagógica também dialoga com reflexões de Rangel *et al.* (2024), evidenciando que a experimentação científica vinculada a problemáticas concretas engendra engajamento autêntico e aproxima os sujeitos da cultura científica contemporânea. Soma-se a isso a articulação orgânica entre conteúdos curriculares e experiências vividas, que aprofunda o vínculo com o saber e reconfigura a aprendizagem como prática crítica, sensível e enraizada nas materialidades e narrativas dos territórios escolares. É uma experiência que reafirma a capacidade formativa do conhecimento quando construído em diálogo com o mundo.

Nesse horizonte formativo, a microscopia óptica e o raciocínio proporcional tornaram-se catalisadores de uma experiência pedagógica sensível, na qual os conhecimentos científicos e matemáticos ganharam corpo no gesto, na escuta e na partilha entre estudantes. Utilizando instrumentos de observação e ativando estratégias quantitativas para interpretar

fenômenos vivos, os alunos atravessaram fronteiras disciplinares e ressignificaram a relação com o saber escolar. Dessa forma, a experiência revelou que práticas interdisciplinares colaborativas, quando enraizadas nas vivências dos alunos e conduzidas pela escuta atenta, favorecem simultaneamente o desenvolvimento de competências cognitivas e a construção de vínculos afetivos com o conhecimento. Reafirma-se, assim, que a integração entre investigação científica e modelagem matemática ultrapassa a junção de conteúdos disciplinares, constituindo uma via de autoria, pertencimento e invenção no cotidiano do Ensino Fundamental.

5. Considerações Finais

Este estudo teve como objetivo apresentar o emprego de práticas investigativas, cooperativas e contextualizadas no desenvolvimento de competências científicas e matemáticas em estudantes do Ensino Fundamental. Com base em uma proposta situada, investigativa e colaborativa, a pesquisa foi sustentada por referenciais críticos, como a abordagem *Complex Instruction* (Cohen & Lotan, 2017) e os pressupostos da alfabetização científica crítica (Sasseron, 2015; Jesus *et al.*, 2024), e examinou as interações entre sujeitos, saberes e contextos ao longo do processo formativo.

A análise revelou que a articulação entre a observação empírica e o tratamento quantitativo dos dados contribuiu para uma aprendizagem significativa, na qual os estudantes mobilizaram diferentes linguagens para interpretar fenômenos do mundo natural. A Matemática, muitas vezes percebida como abstrata e distante das experiências escolares, passou a exercer um papel interpretativo fundamental, especialmente na compreensão de proporções e escalas, atuando como mediadora no processo científico. Os registros apontam que essa integração favoreceu a apropriação de conteúdos, bem como estimulou atitudes investigativas e ampliou a autonomia intelectual dos participantes.

As interações entre os estudantes, por meio da formação propositada de grupos heterogêneos, evidenciaram dinâmicas de cooperação que expandiram a circulação de saberes e a construção conjunta de estratégias de resolução. A mediação docente, com uma escuta atenta e intencionalidade formativa, assegurou que as dúvidas fossem vistas como oportunidades de aprendizagem, e não como limitações individuais. Nesse contexto, as diferenças de trajetórias e repertórios transformaram-se em força pedagógica, colaborando para a construção de um ambiente inclusivo e sensível às singularidades do grupo.

No decorrer da atividade, observou-se que os estudantes foram gradualmente se constituindo como agentes do conhecimento, capazes de formular hipóteses, validar procedimentos e explicitar raciocínios em diálogo com seus pares. A oralidade, os registros escritos e os materiais produzidos, como mapas mentais e esquemas gráficos, funcionaram como marcadores de uma aprendizagem enraizada na experiência e conectada à complexidade dos fenômenos abordados. A ideia de que "Matemática serve para ver o que não se enxerga", expressa por um dos participantes, ilustra a ressignificação atribuída ao conhecimento formal no contexto da prática vivida.

A proposta analisada rompeu com a lógica da fragmentação curricular ao integrar saberes científicos e matemáticos em torno de uma atividade contextualizada e com significado para os estudantes. Essa conexão evidenciou a relevância de experiências interdisciplinares que dialogam com o cotidiano escolar e aumentam as possibilidades de pertencimento epistêmico. A construção de sentido foi intensificada por meio de tarefas cuidadosamente planejadas, nas quais os estudantes atuaram como produtores de interpretações, e não apenas como receptores de conteúdo. Nesse percurso, os limites entre as disciplinas foram desafiados por uma pedagogia que compreende o conhecimento como prática cultural e histórica, enraizada em contextos e relações.

A pesquisa também revelou o papel central das metodologias colaborativas na criação de um ambiente pedagógico mais equânime. As trocas estabelecidas nos grupos, mediadas por relações de respeito, escuta e apoio mútuo, configuraram um território profícuo para a construção compartilhada de saberes. Estudantes com maior familiaridade com o uso do microscópio ou com operações matemáticas desempenharam funções de apoio, sem que isso implicasse hierarquização, mas sim

corresponsabilidade na produção coletiva. Essa dinâmica repercutiu diretamente na motivação dos participantes e na valorização de diferentes formas de contribuição, em consonância com os princípios da justiça cognitiva e da equidade escolar.

Ainda que situada em um contexto específico e de curta duração, a experiência ilumina caminhos viáveis para reimaginar as práticas educativas em contextos públicos marcados por desafios estruturais. As limitações inerentes ao recorte metodológico não invalidam os achados, mas apontam para a necessidade de investigações mais amplas, com abordagens longitudinais e em diferentes territórios escolares. Tais desdobramentos podem contribuir para o fortalecimento de políticas pedagógicas que reconheçam a diversidade epistêmica dos estudantes e apostem na construção de currículos vivos, sensíveis às múltiplas vozes que habitam a escola.

Como perspectiva de continuidade, recomenda-se o aprofundamento de propostas pedagógicas que mobilizem práticas investigativas e interdisciplinares, alicerçadas na cooperação, na escuta atenta e na experimentação. Experiências que integrem alfabetização científica crítica, resolução de problemas contextualizados e trabalho em grupo configuram-se como dispositivos potentes para o desenvolvimento de competências cognitivas, relacionais e políticas. Nessa direção, a escola reafirma seu papel como espaço de criação coletiva, no qual o conhecimento científico-matemático adquire densidade e sentido ao ser produzido em diálogo com as realidades, os desafios e as potências dos sujeitos que a compõem.

Agradecimentos

Os autores agradecem ao Instituto Canoa, à Fundação Lucia e Pelerson Penido (FLUPP), ao Grupo de Estudos Práticas Pedagógicas em Matemática (PPMat) e ao Mestrado Profissional em Educação da Universidade de Taubaté pelo apoio técnico e institucional oferecido.

Referências

- Araújo, J. L. B. de, Oliveira, R. S., & Afonso, A. L. M. (2021). A alfabetização científica em espaços formais e não formais de ensino: articulações e desafios. *Revista Brasileira de Pesquisa em Educação em Ciências*, 21(1), 97–124. <https://doi.org/10.28976/1984-2686rbpec2021u97e124>
- Araújo, M. P. M., Corte, V. B., & Genovese, C. L. D. C. R. (2022). Alfabetização científica e popularização da ciência: contribuições e desafios à valorização da educação científica. *Quaestio-Revista de Estudos em Educação*, 24, e022044-e022044. <https://doi.org/10.22483/2177-5796.2022v24id4853>
- Bogdan, R., & Biklen, S. (1994). *Investigação qualitativa em educação: uma introdução à teoria e aos métodos*. Porto: Porto editora.
- Carlson, J. R. (2019). "How Am I Going to Handle the Situation?" The Role (s) of Reflective Practice and Critical Friend Groups in Secondary Teacher Education. *International Journal for the Scholarship of Teaching and Learning*, 13(1), n1. <https://doi.org/10.20429/ijsofl.2019.130112>
- Carvalho, I. C. de M. (2008). Educação ambiental crítica: nomes e endereçamentos da educação. In I. C. de M. Carvalho & J. A. F. Sauer (Orgs.), *Educação ambiental: a formação do sujeito ecológico* (pp. 21–44). Cortez.
- Charles, R. I. (2012). *Big ideas of mathematics*. Boston: Pearson Education.
- Chassot, A. (2003). *Alfabetização científica: Questões e desafios para a educação*. Porto Alegre: Editora Unijuí.
- Cohen, E. G., & Lotan, R. A. (2017). *Planejando o trabalho em grupo: estratégias para salas de aula heterogêneas*. Penso Editora.
- Cunha, M. I. da. (2021). Educação científica e epistemologia da complexidade: contribuições para a formação docente. *Revista de Ensino de Ciências e Matemática*, 12(5), 1–24. <https://doi.org/10.26843/rencima.v12n5a05>
- Ferreira, W. J., & Richetto, K. C. D. S. (2025). Educação em prol da equidade: a adaptação de práticas avaliativas no contexto multicultural do ensino de matemática. *Educar em Revista*, 41, e93725. <https://doi.org/10.1590/1984-0411.93725>
- Ferreira, W. J., dos Santos Targa, M., da Silva Richetto, K. C., & Spedo, G. R. C. (2024). Gamificação e educação ambiental: desafios e perspectivas para a sensibilização e mudança de atitudes rumo a um futuro sustentável. *Caminhos de Geografia*, 25(100), 291-306. <https://doi.org/10.14393/RCG2510071267>
- Fonseca, A. M.; De Paula, V. B. M.; Da Silva Galeano, M.; Ferreira, W. J.; & Da Silva Richetto, K. C. Explorando jogos colaborativos para a equidade na educação matemática. *Cuadernos de Educación y Desarrollo*, v. 16, n. 9, p. e5427-e5427, 2024. <https://doi.org/10.55905/cuadv16n9-011>
- Freire, P. *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. Editora Paz e terra, 2014.
- Hochgreb-Hägele, T.; Desiderio, G. L.; Arroio, A.; Schmitz-Boccia, A. Complex Instruction: developing teachers' professional knowledge and practice in Brazil. *Intercultural Education*, v. 36, n. 1, p. 39-52, 2025. <https://doi.org/10.1080/14675986.2024.2426946>

- Jesus, J. R., Fonseca, C. S., & De Macedo, G. E. L. (2024). Saberes Docentes no Ensino Superior: Desafios e Tendências. *Revista de Iniciação à Docência*, 9(1), e14658-16. <https://doi.org/10.22481/riduesb.v9i1.14658>
- Jilk, L. M. (2016). Supporting teacher noticing of students' mathematical strengths. *Mathematics Teacher Educator*, 4(2), 188-199. <https://doi.org/10.5951/mathteacheduc.4.2.0188>
- Lima, J. A.; Silva, R. M. *Educação ambiental e ciências: uma abordagem integrada*. Rio de Janeiro: Editora ABC, 2020.
- Martins, N. R. S., & Nunes, J. F. (2022). Atividades Interdisciplinares para potencializar o Ensino de Ciências da Natureza no quarto ano do Ensino Fundamental. *Research, Society and Development*, 11(6), e13111628798. <https://doi.org/10.33448/rsd-v11i6.28798>
- Morin, E. (2013). *A cabeça bem-feita: Repensar a reforma, reformar o pensamento*. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil.
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). *Metodologia da pesquisa científica* (1ª ed., 119 p., [e-book]). Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria, Núcleo de Tecnologia Educacional. https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf
- Pereira, K. B., Dinardi, A. J., & Pessano, E. C. (2020). The Environmental Education approach in the Pedagogical Project of a Natural Science degree Course. *Research, Society and Development*, 9(8), e101985200. <https://doi.org/10.33448/rsd-v9i8.5200>
- Pimenta, S. G., & Araújo, S. C. (2024). *Interdisciplinaridade na formação docente: Perspectivas críticas e experiências formativas*. São Paulo: Cortez.
- Rangel, A. M., Rangel, E. M., Stark, F. W., De Borba Pereira, P., & Corrêa, L. B. (2024). O uso do microscópio como ferramenta de aprendizagem e a importância da iniciação científica no ensino básico. *Revista Ensinar*, 2(1), 1-8. <https://doi.org/10.52832/rensin.v2.434>
- Rigoni Lima, V.; Fonseca, A. M.; Veiga, S. A.; Ferreira, W. J. (2025). Análise colaborativa de gráficos estatísticos como recurso para a equidade no ensino médio. *REAMEC - Rede Amazônica De Educação Em Ciências E Matemática*, 13, e25007. <https://doi.org/10.26571/reamec.v13.18348>
- Sá-Silva, J. R., do Valle, M. G., & Soares, K. J. C. B. (2020). *A alfabetização científica na formação cidadã: perspectivas e desafios no ensino de ciências*. Editora Appris.
- Santos, B. S. (2007). Para além do pensamento abissal: das linhas globais a uma ecologia de saberes. *Novos Estudos – CEBRAP*, (79), 71–94. <https://doi.org/10.1590/S0101-33002007000300004>
- Santos, E. R., & Teixeira, B. R. (2019). Math written production analysis as an assessment strategy and prospective teachers' knowledge of content and students. *Research, Society and Development*, 8(2), e4482684. <https://doi.org/10.33448/rsd-v8i2.684>
- Sasseron, L. H. (2015). *O ensino de ciências e a promoção da alfabetização científica: contribuições de uma proposta didática investigativa* [Tese de doutorado, Universidade de São Paulo]. Repositório da USP. <https://doi.org/10.11606/T.81.2015.tde-24082015-115434>
- Sasseron, L. H., & Carvalho, A. M. P. (2011). Alfabetização científica: uma possibilidade para o ensino de ciências nos anos iniciais do ensino fundamental. *Investigações em Ensino de Ciências*, 16(1), 59–77. <https://observatorioieb.com.br/docs/docs540003478.pdf>
- Torres, P. L., & Irala, E. A. F. (2014). *Complexidade: redes e conexões na produção do conhecimento*. Curitiba: SENAR.