

Compostagem Doméstica como Estratégia Pedagógica no Ensino de Química no Ensino Médio: Desenvolvimento de Habilidades Não Cognitivas

Domestic Composting as a Pedagogical Strategy in High School Chemistry Teaching: Development of Non-Cognitive Skills

Luciane Santos Machado,^a Ana Carolina Callegario Pereira,^b Leonardo Viana de Lima,^c Kamilla Rodrigues Rogerio,^d André Marques dos Santos^{a,*}

^a Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro, Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional, CEP 23897-000, Seropédica-RJ, Brasil

^b Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA), CEP 27240-560, Volta Redonda-RJ, Brasil

^c Instituto Oswaldo Cruz (IOC), CEP 21040-900, Rio de Janeiro-RJ, Brasil

^d Instituto Federal Fluminense, Campus Itaperuna, CEP 28300-000, Itaperuna-RJ, Brasil

*E-mail: amarques@ufrrj.br

Submissão: 18 de Março de 2026 – Aceite: 26 de Maio de 2026 – Publicado online: 3 de Junho de 2026

Chemistry teaching in high school faces persistent challenges, including conceptual abstraction and low student motivation, which are intensified in public schools located in socially vulnerable areas. This study investigated the use of domestic composting as a pedagogical strategy in a high school in the Baixada Fluminense region (RJ), integrating conceptual content, environmental education, and the development of noncognitive skills. Using a qualitativequantitative approach, the intervention involved secondyear students and included socioemotional activities, dialogic lessons, a technical visit to an Environmental Education Center, and the construction of lowcost compost bins using repurposed materials. Students monitored physicochemical parameters such as pH, temperature, and mass, relating them to topics including matter transformation, thermochemistry, and biogeochemical cycles. The results indicated increased student engagement, improved academic performance, and strengthened selfesteem and socioenvironmental awareness through the practical application of chemical concepts. The findings suggest that composting is an effective interdisciplinary tool that integrates scientific rigor with human development in vulnerable contexts. It also functions as a generative theme that humanizes science education, fostering student agency and sustainable citizenship in alignment with national curriculum guidelines (BNCC) and environmental legislation. The study highlights the potential for expanding this practice to support sustainability directives in public education systems.

Keywords: Organic waste composting; matter transformation; environmental education; social vulnerability; sustainability.

1. Introdução

O ensino de Química no Ensino Médio enfrenta desafios persistentes, como a elevada abstração conceitual, a descontextualização dos conteúdos e a baixa motivação discente, dificuldades que se intensificam em escolas públicas situadas em cenários de vulnerabilidade social. Dados internacionais indicam que estudantes provenientes de grupos socioeconomicamente desfavorecidos apresentam menores níveis de engajamento escolar, maior risco de evasão e desempenho inferior em Ciências, evidenciando a influência direta das desigualdades sociais sobre os processos de ensino e aprendizagem.¹ Chassot (2003)² destaca que a transmissão do conhecimento químico de forma desassociada da realidade cotidiana compromete sua significância social, uma vez que a Química deve atuar como instrumento para

a leitura crítica do mundo, enquanto Feliciano e Herbst (2019)³ enfatizam que explicações inadequadas de fenômenos químicos, frequentemente presentes em materiais didáticos, criam obstáculos significativos à compreensão de conceitos abstratos pelos estudantes.

Nesse contexto, metodologias ativas baseadas na contextualização, na interdisciplinaridade e na problematização de situações do cotidiano emergem como estratégias promissoras para a promoção da aprendizagem significativa. Fundamentadas na Teoria da Aprendizagem Significativa, tais abordagens valorizam os conhecimentos prévios dos estudantes e favorecem a atribuição de sentido aos conteúdos escolares.⁴ No ensino de Química, a problematização de fenômenos reais e a articulação entre fenômeno, teoria e representação contribuem para superar o ensino excessivamente abstrato e descontextualizado,⁵ enquanto a contextualização e a in-

terdisciplinaridade ampliam a compreensão conceitual e a relevância social do conhecimento químico.⁶ Estudos recentes indicam que metodologias ativas potencializam esse processo ao promoverem maior engajamento discente e aprendizagem mais duradoura.⁷ Os Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio recomendam que os conteúdos escolares sejam associados a experiências reais, de modo a romper com a passividade estudantil e promover aprendizagens significativas, favorecendo a capacidade de tomada de decisões em situações problemáticas e a formação para o exercício da cidadania.⁸

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) compreende as competências socioemocionais, como persistência, resiliência e empatia, de forma integrada às competências cognitivas, entendendo-as como constitutivas da formação integral dos estudantes.^{9,10} Em consonância com essa perspectiva, a Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico define tais competências como disposições não plenamente mensuráveis por testes cognitivos tradicionais, mas fundamentais para o sucesso acadêmico, o bem estar e a inserção social.¹¹ Assim, práticas pedagógicas baseadas em atividades colaborativas e reflexivas mostram-se especialmente eficazes para o desenvolvimento dessas habilidades, ao favorecerem a gestão emocional, a empatia e a resolução de conflitos no ambiente escolar.^{12,13}

As competências gerais 7^a e 10^a da BNCC enfatizam, respectivamente, a argumentação fundamentada associada à consciência socioambiental e a atuação autônoma orientada por princípios éticos e sustentáveis.⁹ Embora não apresentem definições conceituais operacionais detalhadas, tais competências integram o escopo da formação cidadã proposta pelo documento. No contexto do ensino de Química, frequentemente percebido pelos estudantes como abstrato e distante da realidade, o desenvolvimento dessas habilidades contribui para a redução da desmotivação discente, ao favorecer processos de tomada de decisão crítica por meio de abordagens contextualizadas e do uso de situações-problema.^{14,15}

A BNCC reforça, portanto, a necessidade de desenvolvimento de competências socioemocionais, como autonomia, resiliência e empatia, de forma integrada às competências cognitivas, compreendendo-as como essenciais para a formação integral e para o enfrentamento de desafios da vida cotidiana, especialmente em realidades de vulnerabilidade social.^{9,10} Em circunstâncias de vulnerabilidade social, práticas pedagógicas tradicionais, centradas na transmissão de conteúdos, mostram-se pouco eficazes frente a cenários marcados pelo desestímulo e pela exclusão simbólica, ao reforçarem a passividade discente. Em contraposição, abordagens baseadas na contextualização ativa e no diálogo favorecem o protagonismo dos estudantes e a construção de sentidos socialmente relevantes para o conhecimento escolar.^{5,16} No ensino de Química, metodologias

experimentais e contextualizadas contribuem para a promoção da aprendizagem significativa ao estabelecerem relações entre os conceitos científicos e o cotidiano dos alunos, superando práticas meramente memorísticas.^{4,17}

No campo da Educação Ambiental, a escola desempenha um papel central na formação de cidadãos críticos, conscientes e atuantes frente às questões socioambientais contemporâneas, ao articular conhecimentos científicos, valores éticos e participação social.^{18,19} Nesse contexto, a compostagem doméstica configura-se como uma prática pedagógica estratégica, por integrar conhecimentos científicos, reflexão crítica e engajamento social. No ensino de Química, essa prática mostra-se particularmente pertinente por possibilitar a abordagem de processos reais de transformação da matéria em escala acessível e de baixo custo, aproximando os conteúdos científicos da realidade cotidiana dos estudantes e favorecendo uma aprendizagem contextualizada e significativa.

A compostagem consiste em um processo de biodegradação aeróbia e termofílica de materiais orgânicos sob condições controladas, caracterizado como uma biooxidação exotérmica de substrato orgânico heterogêneo no estado sólido, que resulta na formação de material estabilizado rico em nutrientes. Durante o processo, ocorre a produção de gás carbônico (CO₂) e água (H₂O), a liberação de minerais e a formação de húmus estável, envolvendo interações entre processos físicos, químicos e biológicos responsáveis pela estabilização da matéria orgânica no solo.^{20,21} No Brasil, a gestão dos resíduos sólidos urbanos configura-se como um desafio socioambiental relevante, considerando a geração anual de aproximadamente 82 milhões de toneladas, das quais cerca de 43% correspondem à fração orgânica, potencialmente passível de compostagem.²² A destinação dessa fração a aterros sanitários favorece a decomposição anaeróbia, com emissão de metano (CH₄), gás cujo potencial de aquecimento global é cerca de 28 vezes superior ao do CO₂, tendo sido registradas emissões da ordem de 77,6 g m⁻² dia⁻¹ no Aterro de Seropédica (RJ), conforme medições experimentais.²³

O tema compostagem possibilita a contextualização de múltiplos conceitos da Química no Ensino Médio, ao articular fenômenos observáveis do cotidiano a fundamentos teóricos da disciplina. No estudo da transformação da matéria, a conversão de resíduos orgânicos em composto permite discutir, de forma concreta, o princípio da conservação da massa, demonstrando que a matéria não é eliminada, mas transformada em novos produtos. No campo da termoquímica e da cinética química, o caráter exotérmico do processo e o monitoramento da temperatura da leira de compostagem possibilitam a identificação da fase termofílica e a análise da influência de fatores como aeração e tamanho de partículas na velocidade das reações bioquímicas. A avaliação do

potencial hidrogeniônico (pH) ao longo do processo indica uma fase inicial ácida, seguida por neutralização progressiva, permitindo discutir equilíbrios ácido-base e sistemas tamponados em contextos reais. Adicionalmente, a compostagem aeróbia favorece reflexões no âmbito da educação ambiental, ao contrastar a mitigação de gases de efeito estufa com processos anaeróbios, como os observados em aterros e biodigestores, promovendo uma análise crítica sobre modelos de gestão de resíduos e energia. Nesse contexto, o acompanhamento da atividade microbiana na decomposição contribui para a compreensão da ecologia dos microrganismos e de seu papel essencial na ciclagem da matéria.^{24,25}

Do ponto de vista pedagógico, a compostagem configura-se como uma atividade prática de baixo custo, capaz de apresentar aos estudantes as funções benéficas desempenhadas pelos microrganismos na ciclagem e reutilização de nutrientes no solo, favorecendo a compreensão do papel microbiano na ecologia. Essa prática fundamenta-se em três eixos pedagógicos centrais: (i) o desenvolvimento de habilidades não cognitivas, como perseverança, responsabilidade e autonomia, estimuladas pelo monitoramento contínuo do processo; (ii) a promoção de um ensino de Química contextualizado e significativo, ao articular conceitos científicos a fenômenos observáveis; e (iii) o fortalecimento da educação ambiental e da cidadania sustentável, o que justifica sua investigação empírica em cenários de vulnerabilidade social.

No âmbito normativo, a adoção da compostagem em escolas públicas encontra respaldo na Lei Federal nº 12.305/2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos e reconhece a compostagem como forma de destinação ambientalmente adequada.²⁶ No contexto estadual, a Lei nº 9.897/2022 do Estado do Rio de Janeiro estabelece que todas as unidades escolares da rede pública estadual devem possuir ao menos uma composteira em suas dependências, utilizando resíduos orgânicos provenientes da merenda escolar e incorporando sua utilização como atividade educativa no campo da educação ambiental.²⁷

Nesse sentido, a compostagem doméstica, enquanto prática acessível, permite a abordagem de conceitos como decomposição orgânica, processos termoquímicos exotérmicos, equilíbrio ácido-base (pH), ciclos biogeoquímicos e mitigação de gases de efeito estufa, articulando conhecimentos científicos a reflexões sobre sustentabilidade e cidadania.^{18,19,28}

Diante desse cenário, o presente trabalho teve como objetivo investigar a utilização da compostagem doméstica como estratégia pedagógica para o ensino de Química em uma escola pública de Ensino Médio localizada em área de vulnerabilidade social, com enfoque no desenvolvimento de habilidades não cognitivas e na promoção da educação ambiental.

2. Experimental

2.1. Caracterização do estudo, local e participantes

O estudo foi conduzido em uma escola pública estadual localizada na Baixada Fluminense (RJ), inserida em um contexto de vulnerabilidade social. Participaram da pesquisa 32 estudantes do 2º ano do Ensino Médio regular, com idades entre 15 e 17 anos. A intervenção pedagógica ocorreu ao longo de um semestre letivo.

A pesquisa foi aprovada pelo Comitê de Ética em Pesquisa (CAAE: 56665222.3.0000.5609; Parecer nº 5.628.198), em conformidade com as diretrizes éticas vigentes para pesquisas envolvendo seres humanos.

2.2. Delineamento metodológico

O estudo caracteriza-se como uma pesquisa-ação de natureza quali-quantitativa, estruturada como uma intervenção didático-experimental baseada na implementação e acompanhamento de composteiras domésticas de baixo custo no ambiente escolar. O delineamento incluiu: (i) diagnóstico inicial das concepções dos estudantes, incluindo a realização de uma atividade socioemocional baseada em autorreflexão escrita sobre trajetórias pessoais (passado, presente e futuro), abrangendo aspectos socioemocionais e conhecimentos prévios sobre resíduos, sustentabilidade, microrganismos e conceitos químicos relacionados aos processos de decomposição e compostagem; (ii) intervenção experimental, incluindo a realização de uma visita técnica a um Centro de Educação Ambiental (CEA), com o objetivo de aproximar os estudantes de processos reais de compostagem e ampliar a compreensão da prática em contextos distintos do ambiente escolar, bem como a implementação e acompanhamento de composteiras de baixo custo no ambiente escolar; (iii) avaliação de aprendizagem e indicadores escolares de engajamento.

2.3. Instrumentos e fontes de dados

Foram utilizados: (a) Questionário diagnóstico para atividade socioemocional, a fim de criar condições pedagógicas favoráveis para a participação ativa dos estudantes, tais como o estabelecimento de um ambiente de acolhimento, confiança e escuta, favorecendo a expressão individual e o engajamento nas atividades propostas; (b) Questionário diagnóstico pré-intervenção (disponibilizado integralmente nas Informações Suplementares), para levantamento das concepções iniciais sobre resíduos sólidos, sustentabilidade e microrganismos; (c) Registros experimentais do processo de compostagem (massa, pH e volume do líquido percolado da composteira (denominado “chorume” no uso corrente), além de observações de acompanhamento); (d) Avaliação bimestral (prova

individual, sem consulta), composta por 7 questões de múltipla escolha e 2 discursivas, totalizando 5,0 pontos, relacionada aos conteúdos curriculares do bimestre; (e) Dados institucionais de rendimento e frequência escolar nos bimestres pré e pós-intervenção (conforme registros escolares).

2.4. Procedimento experimental: montagem das composteiras

Após a realização do diagnóstico socioemocional e a aplicação do questionário diagnóstico pré-intervenção, foi realizada a visita técnica a um Centro de Educação Ambiental (CEA), seguida da confecção das composteiras pelos estudantes, utilizando materiais reutilizados e de baixo custo.

A visita teve início com uma roda de conversa em formato de acolhida, na qual estudantes, professores e a equipe técnica do CEA se apresentaram e compartilharam expectativas em relação à atividade. Em seguida, o grupo foi conduzido ao espaço destinado a compostagem, onde foram observadas leiras de compostagem (pilhas organizadas de material orgânico em diferentes estágios de decomposição).

Para a confecção das composteiras, foram empregados dois baldes plásticos de 18 L, com tampa, previamente preparados para reduzir risco de acidentes. Os estudantes foram divididos em dois grupos, cada grupo construiu e ficou responsável pela manutenção de uma composteira. Os baldes foram pesados vazios (tara) utilizando-se uma balança digital portátil e em seguida preenchidos em camadas alternadas de resíduo seco (grama e folhas coletadas), e resíduo úmido (resíduos orgânicos domiciliares, p.ex. cascas e restos vegetais), iniciando e finalizando com camada seca. Durante a montagem, foram utilizadas luvas descartáveis.

As composteiras foram instaladas em área protegida da escola, especificamente no pátio lateral do refeitório, a qual foi mantida trancada ao longo do período de acompanhamento, garantindo controle de acesso e segurança.

2.5. Monitoramento e caracterização físico-química

O processo foi acompanhado durante cinco meses, com monitoramento realizado durante as aulas em que a intervenção pedagógica foi desenvolvida. Ao longo desse período, foram registrados aspectos qualitativos do processo, como alterações visuais e olfativas do material, além do acompanhamento de variáveis relacionadas à evolução do sistema. Ao final do período, procedeu-se à: (i) pesagem do material orgânico decomposto (composto) para estimativa de redução de massa; (ii) medição do pH do composto e do percolado utilizando-se um medidor de pH digital portátil; (iii) mensuração do volume de percolado utilizando-se uma proveta.

Os produtos obtidos (composto e líquido percolado da composteira) foram distribuídos aos estudantes,

acompanhados de orientações verbais quanto ao uso doméstico. No caso do líquido percolado, orientou-se a diluição em água na proporção de 1:10 antes da aplicação em plantas, tanto para uso doméstico quanto como estratégia didática para discutir, com os estudantes, conceitos de diluição e concentração de soluções em contexto ambiental.

Com base na massa inicial de resíduos orgânicos empregada no experimento (14,22 kg), realizou-se uma estimativa comparativa das emissões de gases de efeito estufa associadas a dois cenários de destinação: compostagem e aterro sanitário. Para isso, a massa de resíduos foi convertida para tonelada e multiplicada por fatores médios de emissão reportados na literatura,²⁹ adotando-se, para fins comparativos, valores médios de emissão de 56 kg de CO₂ equivalente por tonelada para compostagem e 338 kg de CO₂ equivalente por tonelada para aterro sanitário. A diferença entre os valores obtidos foi utilizada como estimativa comparativa das emissões evitadas pela compostagem. Ressalta-se que se trata de uma abordagem simplificada, com finalidade pedagógica e exploratória, empregada para contextualizar, no ensino de Química, a discussão sobre decomposição da matéria orgânica, gases de efeito estufa e sustentabilidade.

2.6. Avaliação de aprendizagem e desempenho escolar

A aprendizagem foi avaliada por prova bimestral individual (descrita na Seção 3.6), aplicada após a montagem das composteiras e antes da análise final do composto. Para avaliar efeitos da intervenção sobre engajamento e desempenho, foram comparados rendimento escolar (notas) e frequência nos bimestres anterior e posterior à intervenção.

2.7. Análise de dados

Os dados quantitativos foram analisados por estatística descritiva e inferencial, conforme abordagens amplamente utilizadas em pesquisas educacionais.³⁰ Para comparação dos bimestres pré e pós-intervenção, utilizou-se o teste de Wilcoxon, adotando nível de significância $p < 0,05$. Os dados qualitativos (questionário e registros) foram avaliados por análise de conteúdo, com finalidade de complementar a interpretação dos resultados.

3. Resultados e Discussão

3.1. Atividade socioemocional e engajamento inicial

Os alunos realizaram uma autoanálise de suas trajetórias de vida, relacionando passado, presente e projeções futuras. Em relação aos relatos do passado, foram identificadas narrativas marcadas por perdas familiares, violência doméstica e traumas emocionais (Figura 1).

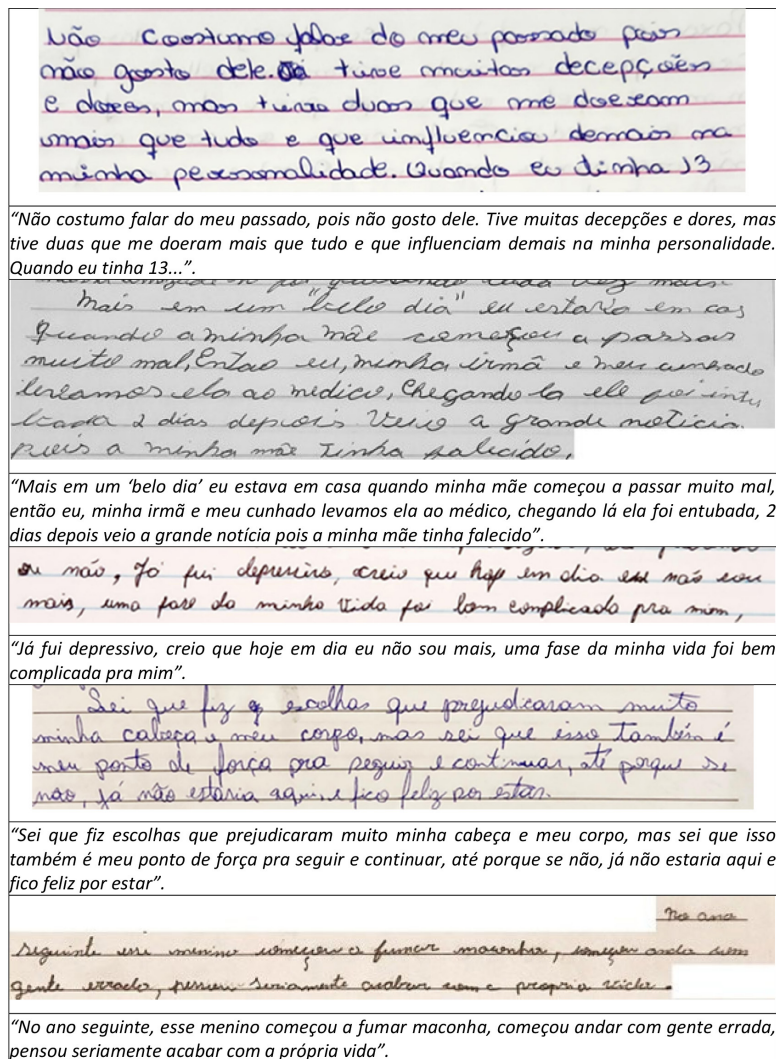


Figura 1. Recorte ilustrando alguns exemplos de respostas obtidas de estudantes durante a realização da atividade socioemocional, abordando aspectos de suas experiências passadas

Em relação às expectativas para o futuro, nota-se que os estudantes manifestaram esperança, desejando progresso tanto para si próprios quanto para seus familiares. Embora alguns mencionem a religião como fonte de apoio, a maioria afirmou confiar na educação como principal caminho para

melhorar suas condições de vida (Figura 2).

A atividade inicial de integração socioemocional teve como objetivo criar condições favoráveis para o engajamento dos estudantes nas etapas experimentais subsequentes do projeto. A análise qualitativa dos registros escritos produzidos

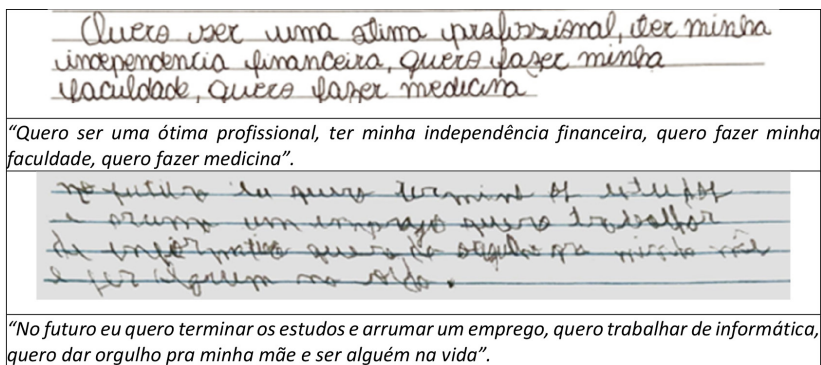


Figura 2. Recorte ilustrando alguns exemplos de respostas obtidas de estudantes durante a realização da atividade socioemocional, abordando aspectos de suas expectativas para o futuro

pelos alunos indicou que o grupo estava inserido em realidades marcadas por adversidades pessoais e familiares, situação frequentemente associada a baixos níveis de motivação e participação no ambiente escolar.

De modo geral, os estudantes demonstraram dificuldades iniciais em refletir sobre suas trajetórias pessoais e em projetar perspectivas futuras, evidenciando a necessidade de estratégias pedagógicas que promovam acolhimento, confiança e organização cognitiva. Ainda assim, todos os participantes realizaram a atividade proposta, o que possibilitou a autorreflexão e a expressão de expectativas relacionadas à educação como meio de ascensão social e melhoria das condições de vida.

Embora essa etapa não configurasse uma intervenção de natureza química, sua realização contribuiu para o fortalecimento do vínculo entre os estudantes e para a construção de um ambiente de confiança mútua. Tal condição mostrou-se relevante para o desenvolvimento das atividades práticas de Química ao longo do projeto, especialmente aquelas que exigiram trabalho colaborativo, monitoramento sistemático e persistência, como a montagem e o acompanhamento das composteiras domésticas.

Resultados semelhantes são relatados na literatura educacional, indicando que atividades reflexivas iniciais favorecem o desenvolvimento de competências socioemocionais, como autonomia, empatia e resiliência, as quais atuam como suporte para a aprendizagem em disciplinas de maior abstração conceitual.^{31,32} Nesse sentido, a BNCC reconhece que tais competências integram a formação em Ciências da Natureza, contribuindo para o engajamento discente e para a apropriação de conteúdos científicos.⁹

Assim, a atividade socioemocional inicial desempenhou papel estruturante no projeto ao preparar o grupo para as etapas experimentais de Química Ambiental, criando condições pedagógicas favoráveis para a participação ativa dos estudantes nas práticas de compostagem e no acompanhamento dos parâmetros físico-químicos envolvidos no processo.

3.2. Questionário avaliativo diagnóstico

O questionário diagnóstico inicial teve como objetivo mapear as concepções prévias dos estudantes acerca de

resíduos sólidos, meio ambiente e sustentabilidade, com ênfase na distinção conceitual entre lixo e resíduo. Esse tipo de diagnóstico é amplamente utilizado em estudos de Química Ambiental e Educação Ambiental, pois permite identificar concepções alternativas que influenciam diretamente a compreensão de processos químicos relacionados à geração, ao tratamento e à destinação final dos materiais.^{33,34}

Os resultados indicaram que, embora 64,5% dos estudantes afirmassem conhecer o conceito de “lixo doméstico”, 80,6% identificaram todo o material descartado em suas residências como lixo, e não como resíduo. Apenas 54,8% declararam que lixo e resíduo não são sinônimos, enquanto 45,2% afirmaram não saber diferenciá-los (Quadro 1). Esses dados apontam para uma compreensão inicial limitada sobre a natureza química e o potencial de reaproveitamento dos materiais descartados.

Diversos estudos relatam elevados índices de confusão conceitual entre lixo e resíduo em contextos escolares antes de intervenções educativas, especialmente em escolas públicas, com predominância de uma visão do descarte associada exclusivamente à sujeira e à poluição.^{33,34} Do ponto de vista da Química Ambiental, essa limitação conceitual compromete a compreensão de rotas de tratamento diferenciadas, como reciclagem, compostagem e disposição final em aterros sanitários.

A análise do questionário também revelou que os estudantes reconhecem, de forma intuitiva, a possibilidade de reaproveitamento de resíduos orgânicos, como restos alimentares e materiais vegetais, porém sem recorrer a terminologia técnica ou a processos estruturados, como compostagem ou biodigestão. Essa percepção empírica, desvinculada de fundamentos bioquímicos, é recorrente em estudos diagnósticos e indica a necessidade de formalização conceitual no ensino de Química.³⁵

Esse diagnóstico inicial ganha relevância quando contextualizado com dados nacionais: de acordo com o Panorama dos Resíduos Sólidos no Brasil (2023), aproximadamente 43% dos resíduos sólidos urbanos gerados no país correspondem à fração orgânica, a qual possui elevado potencial de tratamento por processos biológicos, como a compostagem.²² A ausência de compreensão adequada sobre essa fração reforça a importância de intervenções educativas

Quadro 1. Diagnóstico inicial das concepções dos 32 participantes sobre lixo doméstico e a distinção entre os conceitos de lixo e resíduo

Pergunta	Resposta		
	Sim (%)	Não (%)	
1 - Você sabe o que é lixo doméstico?	64,5	35,5	
	Lixo (%)	Resíduo (%)	
2 - Na sua casa, você acha que produz:	80,6	19,4	
	Sim (%)	Não (%)	Não sei (%)
3 - Para você, lixo e resíduo são a mesma coisa?	0	54,8	45,2

focadas em resíduos orgânicos e em seus processos de transformação química e bioquímica.

Sendo assim, o questionário diagnóstico funcionou como linha de base para a abordagem posterior de conceitos de biodegradação, cinética de decomposição, ciclos biogeoquímicos e princípios da Química Verde, estabelecendo fundamentos para a introdução da compostagem como estratégia experimental no ensino de Química Ambiental. Estudos recentes indicam que intervenções didáticas que articulam diagnóstico prévio e atividades experimentais contextualizadas favorecem a ressignificação conceitual e a compreensão sistêmica da gestão de resíduos em ambientes escolares.³⁵

Quando questionados sobre o reaproveitamento de resíduos orgânicos, 64,5% dos estudantes reconheceram o potencial de materiais como restos alimentares, cascas de legumes, cascas de ovos e folhas. As estratégias mencionadas, entretanto, restringiram-se a práticas intuitivas e pontuais, como a aplicação direta no solo ou o uso culinário de resíduos específicos, sem qualquer referência a processos tecnicamente estruturados, como compostagem, minhocários ou biodigestores (Figura 3). Esse resultado indica a presença de um conhecimento empírico dissociado de fundamentos químicos e bioquímicos.

A análise das respostas referentes à triagem de materiais para compostagem (Quadro 2A) evidenciou lacunas conceituais relevantes. Embora cascas de legumes (64,5%) e de ovos (54,8%) tenham sido corretamente identificadas como resíduos orgânicos passíveis de tratamento biológico, uma parcela dos estudantes associou, de forma equivocada, materiais inorgânicos e não biodegradáveis ao processo de compostagem, como garrafas PET (19,4%), vidro (12,9%) e latas de alumínio (12,9%). Em contraste, quando o reaproveitamento foi considerado em sentido amplo (Quadro 2B), observou-se a predominância da escolha de materiais tradicionalmente recicláveis, como garrafas PET (100%) e latas de alumínio (71%), em detrimento da valorização da fração orgânica.

Quadro 2. Percepções dos estudantes sobre a triagem de materiais para o processo de compostagem e o potencial de reaproveitamento de resíduos sólidos diversos

<i>Pergunta 2-A: Quais itens abaixo você acha que pode ir para a compostagem de resíduos orgânicos?</i>	(%)
Casca de legumes	64,5
Casca de ovos	54,8
Gramma seca	35,5
Podas de árvores	25,8
Garrafa pet	19,4
Nenhum	19,4
Vidro	12,9
Latas de alumínio	12,9
<i>Pergunta 2-B: Quais itens abaixo você acha que podem ser reaproveitados (pode selecionar mais de um)?</i>	(%)
Garrafa pet	100
Latas de alumínio	71
Podas de árvores	58,1
Cascas de ovos	58,1
Casca de legumes	58,1
Vidro	51,6
Gramma seca	25,8
Nenhum	0,0

Os resultados revelaram uma confusão na compreensão dos estudantes sobre as diferentes rotas de tratamento de resíduos, especialmente entre processos físico-mecânicos de reciclagem e processos biológicos de biodegradação. Embora os estudantes reconheçam com clareza materiais tradicionalmente recicláveis, uma parcela significativa associou, de forma equivocada, resíduos inorgânicos e não biodegradáveis ao processo de compostagem, indicando limitações na compreensão da natureza química dos materiais e de sua compatibilidade com sistemas biológicos. Sob a perspectiva da Química Verde, essa associação indevida contraria o princípio do Planejamento para a Degradação, ao desconsiderar que a estrutura química dos materiais condiciona suas possibilidades de transformação ambiental.

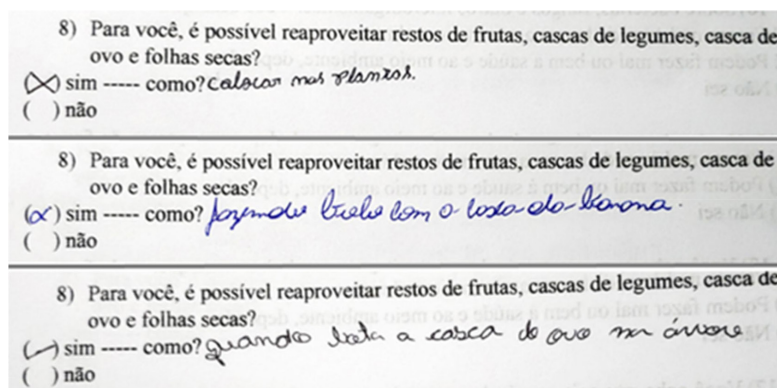


Figura 3. Recorte de respostas selecionadas dentre o conjunto de 32 estudantes participantes da pesquisa, ilustrando a percepção dos estudantes acerca da possibilidade de reaproveitamento de resíduos orgânicos sólidos

Assim, os resultados sinalizaram que o conhecimento dos estudantes sobre gestão de resíduos ainda se encontra pouco articulado com fundamentos químicos, especialmente no que se refere à degradabilidade dos materiais e à distinção entre processos de reciclagem e biodegradação. Esse cenário reforça a importância de abordagens didáticas em Química Ambiental que explicitem a relação entre estrutura química, persistência ambiental e rotas adequadas de tratamento de resíduos, contribuindo para uma compreensão mais sistemática do ciclo de vida dos materiais e para a prevenção da introdução de macro e microplásticos em sistemas biológicos.

Esse resultado sugere que, embora os estudantes mobilizem experiências cotidianas relacionadas ao reaproveitamento de resíduos orgânicos, seu conhecimento ainda carece de formalização conceitual e de articulação com processos tecnicamente estruturados. Estudos diagnósticos em realidades escolares brasileiras apontam padrões semelhantes, nos quais os estudantes reconhecem resíduos orgânicos e práticas rudimentares de reaproveitamento, mas desconhecem os processos bioquímicos envolvidos na decomposição da matéria orgânica e no fechamento dos ciclos biogeoquímicos.^{33,34,36}

Outro aspecto avaliado no diagnóstico inicial referiu-se ao conhecimento dos estudantes acerca dos microrganismos e de seu papel nos processos de transformação da matéria. Os resultados apresentaram lacunas conceituais relevantes, uma vez que 12,9% dos respondentes declararam não possuir qualquer informação sobre microrganismos, enquanto 22,6% apresentaram concepções equivocadas, associando-os exclusivamente a organismos patogênicos. Assim, 35,5% dos participantes demonstraram não compreender o papel bioquímico dos microrganismos decompositores na degradação da matéria orgânica e na ciclagem de nutrientes (Quadro 3).

Esse resultado está em consonância com estudos diagnósticos realizados em contextos de Ensino Fundamental

Quadro 3. Concepções dos discentes sobre a função dos microrganismos e levantamento das formas de destinação dos resíduos sólidos residenciais

Pergunta 3-A. Sobre bactérias, fungos e outros microrganismos. Você acha que:	(%)
Fazem mal à saúde humana e ao meio ambiente.	22,6
Podem fazer mal ou bem à saúde e ao meio ambiente, depende.	64,5
Não sei.	12,9
Pergunta 3-B. Como você destina o próprio resíduo produzido em casa?	(%)
Queima	3,2
Outro (cite)	3,2
Terreno baldio	3,2
Coleta de resíduo	9,7
Coleta da Prefeitura	80,6

e Médio, que indicam percentuais significativos de desconhecimento ou compreensão superficial sobre decomposição e atuação de microrganismos, sobretudo quando esses conteúdos são abordados de forma dissociada da Química Ambiental e dos ciclos biogeoquímicos.^{36,37} Pesquisas sobre o ensino de decomposição e ciclagem de nutrientes apontam que tais temas costumam ser tratados de maneira breve e pouco contextualizada, o que dificulta a compreensão dos processos químicos e bioquímicos envolvidos na transformação da matéria orgânica.³⁸

Quando os estudantes foram questionados sobre o destino dos resíduos gerados em suas residências, 80,6% informaram que o material é encaminhado à coleta convencional realizada pela prefeitura, 9,7% relataram a existência de coleta seletiva e um estudante indicou “outra forma”, afirmando que “não produz resíduo”. Essa última resposta reforça a permanência de dificuldades conceituais relacionadas à distinção entre lixo e resíduo, já evidenciada nos resultados anteriores, e indica uma compreensão ainda limitada sobre a geração, o destino e o tratamento dos resíduos sólidos no contexto domiciliar.

A análise das concepções dos estudantes acerca dos agentes biológicos e do manejo de resíduos sólidos (Quadro 3) revelou um cenário de significativa desconexão entre as práticas cotidianas de descarte doméstico e os processos bioquímicos envolvidos na transformação da matéria orgânica. O fato de 35,5% dos participantes não compreenderem o papel fundamental dos microrganismos, frequentemente associados de forma reducionista apenas a organismos patogênicos (22,6%), constitui um entrave relevante para a introdução de conceitos estruturantes da Química Ambiental no Ensino Médio, como cinética de biodegradação, mineralização da matéria orgânica e ciclos biogeoquímicos.

Esse quadro é agravado pelo predomínio da coleta convencional de resíduos (80,6%) e pela persistência de confusões conceituais relacionadas à própria geração de resíduos, evidenciada, por exemplo, pelo relato de “não produção” de resíduos por parte de um estudante. Tal percepção reforça a ideia de uma “invisibilidade” do lixo após o descarte inicial, na qual os resíduos deixam de ser compreendidos como matéria passível de transformação química e passam a ser percebidos apenas como rejeitos removidos do espaço doméstico.

Esses resultados mostraram a necessidade de intervenções pedagógicas que desmistifiquem a atuação dos microrganismos decompositores, reposicionando-os não como ameaças à saúde, mas como agentes bioquímicos essenciais para a viabilidade de processos como a compostagem e para o fechamento do ciclo da matéria orgânica em ambientes urbanos.

A análise das respostas ao questionário, bem como dos comentários registrados durante sua aplicação, indicou ainda dificuldades recorrentes na distinção entre coleta seletiva e

coleta convencional, evidenciando lacunas na compreensão dos sistemas de manejo de resíduos disponíveis no território. Diagnósticos ambientais realizados em contextos escolares brasileiros apontam resultados semelhantes, destacando a confusão entre formas de segregação e destinação de resíduos como um dos principais obstáculos à consolidação de práticas ambientalmente adequadas.^{39,40}

Adicionalmente, foi observado que a maioria dos estudantes desconhecia formas organizadas e coletivas de reaproveitamento de resíduos sólidos orgânicos, como projetos de compostagem comunitária ou institucional, limitando-se à menção de usos pontuais, como a aplicação direta de resíduos em plantas ou o aproveitamento culinário de cascas. Embora essas iniciativas sejam positivas no âmbito doméstico, apresentam impacto restrito quando comparadas ao volume diário de resíduos gerados, reforçando a importância de introduzir, no ensino de Química, discussões sobre tecnologias de tratamento de resíduos orgânicos, escala de atuação e eficiência ambiental de práticas como a compostagem escolar. Estudos nacionais indicam que intervenções didáticas contextualizadas em Química Ambiental favorecem a ampliação da compreensão sistêmica dos estudantes sobre resíduos sólidos e seus ciclos de transformação, validando o diagnóstico inicial como etapa metodológica fundamental para o planejamento dessas ações.³⁶⁻³⁸

3.3. Visita ao Centro de Educação Ambiental (CEA)

Como parte da intervenção didática prevista no delineamento metodológico, os estudantes participaram de uma visita ao CEA, localizado no município de Volta Redonda (RJ). O CEA desenvolve ações voltadas à compostagem de resíduos orgânicos, biodigestão, horticultura urbana e outras práticas associadas à gestão sustentável de resíduos. A atividade teve como objetivo aproximar os estudantes de processos reais de tratamento de resíduos, favorecendo a contextualização dos conceitos químicos abordados em sala de aula e a compreensão das transformações químicas e bioquímicas envolvidas nesses sistemas.

Nesse momento, discutiram-se variáveis relevantes do processo, como tempo de degradação, temperatura e destinação do composto produzido, relacionando-as às condições necessárias para a estabilização da matéria orgânica (Figura 4).

Os estudantes tiveram contato direto com o material em processo de compostagem, realizando uma análise sensorial baseada em características como cor, textura e odor, reconhecendo o produto final como um composto orgânico estável, passível de utilização como adubo. Essa vivência contribuiu para a reinterpretação do resíduo orgânico como matéria-prima para processos de transformação química e biológica, rompendo com a visão restrita de “lixo” como mero descarte. Estudos no campo do ensino de Química indicam que abordagens baseadas na temática dos resíduos sólidos e da reciclagem favorecem mudanças de percepção semelhantes, levando os estudantes a compreender o resíduo como recurso inserido em ciclos de transformação da matéria.^{41,42}

Posteriormente, os estudantes conheceram o biodigestor utilizado no CEA, alimentado com resíduos orgânicos provenientes de um restaurante local, acompanhando a demonstração do uso do biogás gerado para acender um fogareiro. Essa atividade possibilitou a visualização concreta de processos associados à decomposição anaeróbia da matéria orgânica, à formação de gases como metano (CH_4) e dióxido de carbono (CO_2), bem como à discussão sobre o aproveitamento energético de resíduos e sua relação com os gases de efeito estufa. A vivência favoreceu a articulação entre conteúdos curriculares de Química e tecnologias ambientais aplicadas, contribuindo para a compreensão de rotas alternativas de tratamento de resíduos orgânicos com potencial de mitigação de impactos ambientais.

A observação direta do funcionamento do biodigestor ampliou a compreensão dos estudantes acerca da sustentabilidade associada à valorização energética da matéria orgânica, fortalecendo a relação entre teoria e prática. Registros fotográficos mostraram que os alunos realizaram observações sensoriais do material em processo de tratamento e demonstraram interesse em compreender as condições necessárias à produção do biogás, reconhecendo o biodigestor



Figura 4. Dinâmica de acolhida (roda de conversa inicial com os participantes) e atividade prática de observação e análise sensorial das leiras de compostagem em diferentes estágios de maturação

como uma tecnologia ambiental baseada em transformações químicas e bioquímicas controladas. A literatura relacionada ao ensino de Química indica que práticas experimentais e contextualizadas, associadas à discussão de tecnologias ambientalmente adequadas, favorece a aprendizagem significativa ao relacionar conceitos científicos a problemas reais e socialmente relevantes.^{36,37,41}

3.4. Confeção das composteiras

Organizados em dois grupos, os estudantes confeccionaram composteiras experimentais utilizando resíduos orgânicos trazidos de suas residências. Cada grupo ficou responsável por uma composteira, o que resultou em dois sistemas experimentais acompanhados separadamente ao longo do projeto. As etapas de montagem e fechamento do sistema foram acompanhadas por registros sistemáticos de massa. Já o monitoramento físico-químico final incluiu medições de massa do material decomposto, volume do líquido percolado e pH, descritas na Seção 2.5. A Figura 5 apresenta apenas a montagem das composteiras e a pesagem inicial dos resíduos. Essa atividade permitiu consolidar conceitos químicos relacionados à transformação da matéria, à decomposição da matéria orgânica e ao acompanhamento de processos ao longo do tempo.

Foram empregados materiais de baixo custo e facilmente acessíveis, como baldes plásticos reutilizados, terra, resíduos orgânicos domiciliares e materiais estruturantes secos (grama e folhas). Inicialmente, realizou-se a pesagem dos recipientes vazios para determinação da tara, seguida da montagem das composteiras em camadas alternadas de resíduos úmidos e

secos. As massas iniciais de resíduos orgânicos adicionadas foram de 6,955 kg no primeiro balde e 7,265 kg no segundo, totalizando 14,22 kg de resíduos sólidos orgânicos utilizados (Figura 5).

Durante todo o processo, os estudantes utilizaram luvas descartáveis e realizaram o fechamento controlado das composteiras, garantindo proteção do material e redução de odores, mas mantendo condições adequadas de aeração, necessárias à decomposição aeróbia. O acompanhamento periódico do sistema possibilitou discutir a compostagem como um sistema aberto, no qual ocorrem trocas de matéria e energia com o meio, permitindo a abordagem da Lei de Conservação da Massa como princípio teórico de referência, associado às transformações químicas e bioquímicas envolvidas no processo.

A realização das pesagens e o monitoramento do material ao longo do tempo contribuíram para a compreensão de que, embora a massa total do sistema se altere devido à liberação de gases e à perda de umidade, a matéria não é criada nem destruída, mas transformada, reforçando conceitos fundamentais da Química e sua aplicação em processos ambientais. Atividades experimentais dessa natureza são apontadas na literatura como estratégias eficazes para articular conteúdos clássicos da Química, como a conservação da matéria, a contextos ambientais concretos, favorecendo a aprendizagem significativa.^{37,41}

O acompanhamento das composteiras ocorreu durante cinco meses, com monitoramento realizado durante as aulas em que a intervenção pedagógica foi desenvolvida. Nesse período, os estudantes registraram observações qualitativas (alterações visuais e olfativas) e quantitativas (variações de



Figura 5. Etapas da construção de composteiras domésticas representadas pela utilização de baldes plásticos reutilizados, montagem do sistema em camadas alternadas e pesagem inicial dos resíduos sólidos orgânicos

volume e massa aparente), discutindo o papel de variáveis operacionais como aeração, umidade e temperatura sobre a velocidade de decomposição. A compostagem é descrita na literatura como um processo predominantemente aeróbio, associado a uma curva térmica característica e que, sob condições adequadas de manejo, pode apresentar fase termofílica em função da intensa atividade microbiana e da liberação de calor.^{43,44}

A etapa final incluiu a distribuição do material sólido e do percolado aos estudantes, acompanhada de orientações para uso doméstico, além da discussão qualitativa sobre o potencial ambiental da valorização da fração orgânica, em contraste com sua disposição em aterros sanitários. Nesse momento, a análise integrada das medições obtidas e da destinação dos produtos permitiu retomar, com base na literatura, a articulação entre transformações da matéria, monitoramento de parâmetros do processo e sustentabilidade, reforçando o potencial da compostagem como prática experimental contextualizada no ensino de Química Ambiental.^{43,47}

3.5. Análise do conteúdo das composteiras

As duas composteiras experimentais (uma de cada grupo) foram analisadas (Figura 6). Como os sistemas receberam massas iniciais ligeiramente diferentes de resíduos orgânicos (6,955 kg e 7,265 kg), os resultados finais foram considerados por composteira e, quando pertinente, de forma agregada. Após cinco meses de monitoramento, obteve-se 1,90 kg e 2,38 kg de material sólido decomposto, respectivamente, totalizando 4,28 kg de composto, além de 3,85 L e 4,80 L de líquido percolado, totalizando 8,65 L. A redução observada na massa total aparente do sistema é compatível com a dinâmica esperada para processos de compostagem em pequena escala, nos

quais ocorre mineralização parcial da matéria orgânica, liberação de gases e perda de umidade ao longo do tempo.^{43,45}

A determinação prévia da tara dos baldes permitiu discutir, em contexto prático, a Lei de Conservação da Massa como princípio teórico de referência, enfatizando que, embora a compostagem constitua um sistema aberto, a matéria não é destruída, mas transformada e redistribuída entre diferentes frações do sistema. Essa abordagem favoreceu a compreensão dos estudantes acerca das transformações químicas e bioquímicas envolvidas no processo, evitando interpretações equivocadas de conservação experimental estrita da massa.⁴³

A caracterização físico-química do material obtido incluiu a medição do pH do composto, que apresentou valores entre 4,5 e 5,0, indicativos de um meio ácido compatível com estágios do processo de compostagem nos quais há presença de ácidos orgânicos. Em termos didáticos, isso significa que o material ainda apresentava características químicas associadas à decomposição em curso, e não necessariamente a um composto totalmente maturado. Por essa razão, o pH foi explorado como parâmetro para discutir com os estudantes como a formação e o consumo de substâncias ácidas ao longo da compostagem se relacionam com equilíbrios ácido-base e com a evolução do processo. Não se atribuiu a esse valor, isoladamente, um caráter definitivo de estabilização química, uma vez que compostos mais maturados tendem a apresentar pH mais próximo da neutralidade, condição frequentemente associada à maior estabilização da matéria orgânica.^{45,46} A análise sensorial do material sólido evidenciou textura friável e odor terroso, características empregadas como indicadores qualitativos para discussão didática, e não como critérios sanitários.

Após a análise final, o líquido percolado foi diluído em água na proporção 1:10 e distribuído aos estudantes para uso agrícola doméstico. Essa etapa, prevista na intervenção,



Figura 6. Análise final do processo de compostagem após cinco meses: Detalhe da aferição da massa do composto estabilizado para cálculo de rendimento e do monitoramento do pH para caracterização físico-química do adubo orgânico

permitiu explorar didaticamente cálculos de diluição, bem como discussões sobre concentração de soluções e ciclos de nutrientes no solo. A integração entre medições quantitativas, observações qualitativas e conceitos químicos reforçou a articulação entre teoria e prática, demonstrando o potencial da análise das composteiras como estratégia pedagógica no ensino de Química Ambiental, especialmente em atividades experimentais de longa duração.⁴⁷

A partir da análise do conteúdo das composteiras, foi possível promover discussões com os estudantes sobre conceitos relacionados às emissões de gases de efeito estufa decorrentes do descarte de resíduos orgânicos em aterros sanitários, em comparação ao tratamento por compostagem. A atividade teve caráter essencialmente pedagógico, sem a intenção de realizar uma quantificação ambiental rigorosa, e buscou contextualizar conceitos de Química Verde, termoquímica e estequiometria, além de estimular a reflexão acerca dos impactos ambientais associados às diferentes rotas de tratamento de resíduos.

Nesse contexto, a estimativa realizada foi empregada como uma atividade exploratória de ordem de grandeza, permitindo discutir, de forma qualitativa, a relação entre a decomposição anaeróbia em aterros (associada à formação de metano) e a decomposição aeróbia predominante na compostagem. Essa abordagem contribuiu para a compreensão conceitual dos processos químicos envolvidos na geração de gases, sem extrapolações quantitativas ou inferências sobre a mitigação real do aquecimento global em escala local. A discussão esteve alinhada aos princípios da Química Verde, ao enfatizar a redução de impactos ambientais e a valorização de resíduos como estratégia de tratamento mais sustentável.⁴¹

A etapa final incluiu a higienização dos recipientes para reutilização em atividades escolares e a proposição, por parte dos estudantes, de ações para a implantação permanente de composteiras no refeitório da escola, evidenciando a apropriação crítica da prática e sua transferência para o contexto institucional. Esses resultados reforçam o potencial da compostagem como estratégia pedagógica para articular teoria química, experimentação sustentável e discussão de problemáticas ambientais contemporâneas no Ensino Médio público, conforme apontado por estudos que utilizam a compostagem como recurso didático no ensino de Química.^{41,47}

3.6. Prova bimestral

Após a etapa de montagem das composteiras e antes da análise final do material obtido, foi aplicada uma prova bimestral individual e sem consulta, composta por sete questões de múltipla escolha e duas discursivas, totalizando 5,0 pontos. O instrumento avaliativo contemplou conceitos químicos e ambientais abordados ao longo da intervenção,

incluindo transformação da matéria, composição do ar atmosférico, gases de efeito estufa, metano, decomposição aeróbia e anaeróbia, compostagem, resíduos orgânicos e distinção entre lixo e resíduo, além de discussões sobre aproveitamento energético do metano. Também foram incluídas questões adaptadas do Exame Nacional do Ensino Médio (ENEM) dos anos de 2016 e 2017 (Informação Suplementar). Essa estratégia permitiu avaliar não apenas a assimilação conceitual, mas também a capacidade de aplicação dos conhecimentos químicos construídos ao longo das etapas teóricas, experimentais e de campo do projeto.

Os resultados indicaram aproveitamento global satisfatório, com média próxima a 71% de acertos nas questões objetivas. Esse desempenho destaca a consolidação de conceitos fundamentais, como a distinção entre lixo e resíduo, os processos de decomposição aeróbia e anaeróbia e a compreensão da conservação da matéria em sistemas ambientais. Nas questões discursivas, observou-se uma ressignificação conceitual, na qual os estudantes passaram a definir resíduos como materiais passíveis de reaproveitamento, por exemplo, cascas de frutas destinadas à compostagem, e lixo como materiais sem destinação ambientalmente adequada, articulando exemplos observados tanto no CEA quanto nas composteiras confeccionadas em sala.

A análise das respostas discursivas também mostrou que houve transferência de aprendizagem, uma vez que a maioria dos estudantes conseguiu relacionar conteúdos teóricos, como a Lei de Conservação da Massa e noções de termoquímica, às etapas práticas do projeto, incluindo a pesagem inicial e final das composteiras e a medição de pH do material em decomposição. Esse tipo de articulação entre teoria e prática é recorrente em propostas didáticas que utilizam atividades experimentais contextualizadas no ensino de Química, as quais favorecem maior retenção conceitual em comparação a abordagens exclusivamente expositivas.^{41,47}

O desempenho acadêmico observado nos instrumentos de avaliação confirma a eficácia da sequência didática adotada, fundamentada na integração entre conteúdos teóricos, experimentação em espaços não formais e práticas laboratoriais e escolares. Além disso, essa abordagem mostrou-se adequada para promover a compreensão de processos de transformação da matéria associados à gestão de resíduos, especialmente em realidades escolares que demandam estratégias didáticas ativas e de baixo custo.

3.7. Comparativo entre os bimestres

A análise estatística comparou o rendimento escolar (notas) e a frequência dos estudantes nos bimestres anterior e posterior à implementação do projeto didático. A comparação pré e pós evidenciou alterações positivas nos indicadores avaliados, conforme apresentado na Figura 7. Observou-se um

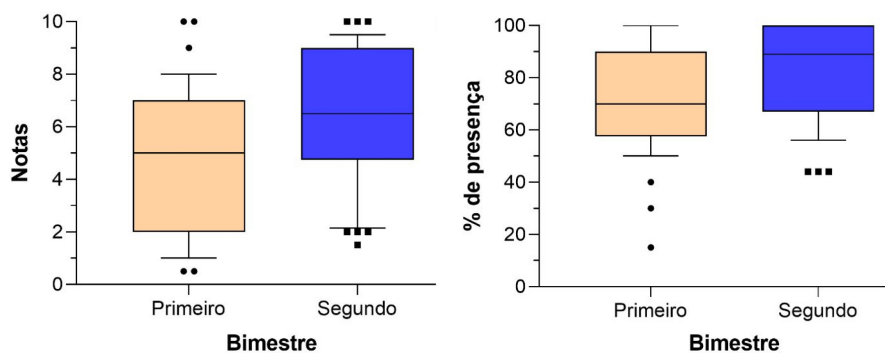


Figura 7. Comparação do rendimento discente nos períodos pré e pós-intervenção em relação à distribuição das notas alcançadas e percentual de frequência escolar nos bimestres avaliados

deslocamento significativo da mediana das notas, que passou de 4,94 para 6,90, com diferença estatisticamente significativa ($p < 0,05$, teste de Wilcoxon), além de um estreitamento do primeiro quartil, indicando maior concentração do desempenho em níveis mais elevados (Figura 7).

De forma complementar, verificou-se um aumento da mediana da frequência escolar, de 76% para 88% (Figura 7), acompanhado pela redução de valores extremos associados a baixas frequências. Esses resultados sugerem que a adoção de uma abordagem experimental e contextualizada em Química Ambiental esteve associada a maior regularidade de participação dos estudantes nas atividades escolares, quando comparada ao bimestre conduzido predominantemente por estratégias tradicionais de ensino.

A relação entre frequência, participação e desempenho acadêmico é amplamente discutida na literatura da área de Química, especialmente em contextos que utilizam metodologias centradas no estudante. Estudos indicam que ambientes de aprendizagem que valorizam a experimentação, a resolução de problemas e a contextualização tendem a favorecer o engajamento discente e, conseqüentemente, melhores resultados acadêmicos.^{41,48}

Nesse sentido, os resultados observados são consistentes com evidências que apontam que práticas pedagógicas ativas e contextualizadas podem contribuir para a uniformização do desempenho e para a redução de ausências, particularmente em realidades escolares que demandam estratégias didáticas capazes de aproximar os conteúdos químicos da vivência dos estudantes. Assim, o comparativo entre os bimestres reforça o potencial da sequência didática adotada em promover condições mais favoráveis à aprendizagem em Química Ambiental, sem prejuízo do rigor conceitual e avaliativo.

A análise dos indicadores quantitativos e qualitativos sugere que a participação contínua dos estudantes em atividades experimentais e contextualizadas se relacionou a um maior envolvimento com os conteúdos trabalhados ao longo do bimestre. A atuação direta nas etapas práticas do projeto, como a montagem, o monitoramento e a análise das composteiras, favoreceu a apropriação de conceitos químicos

e contribuiu para a manutenção do interesse dos estudantes em uma disciplina reconhecidamente abstrata, como a Química.

Nesse contexto, propostas didáticas que articulam sustentabilidade, experimentação e resolução de problemas reais ao ensino de Química têm sido associadas, na literatura, a melhorias no rendimento acadêmico e na frequência escolar, sobretudo quando promovem o protagonismo discente e a contextualização dos conteúdos.^{41,48} Embora tais efeitos dependam de múltiplos fatores pedagógicos e institucionais, os resultados observados neste estudo são consistentes com o potencial da compostagem como estratégia pedagógica para reduzir barreiras tradicionalmente associadas ao ensino de Química em escolas públicas.

Assim, o comparativo entre os bimestres reforça que a adoção de uma abordagem experimental e contextualizada em Química Ambiental pode contribuir para a uniformização do desempenho acadêmico, o aumento da frequência e a construção de uma aprendizagem mais significativa, sem comprometer o rigor conceitual ou os critérios avaliativos formais da disciplina.

4. Conclusão

Os resultados obtidos ao longo do desenvolvimento deste estudo indicam que a compostagem doméstica, aplicada em contexto escolar, apresenta elevado potencial como estratégia pedagógica para o ensino de Química no Ensino Médio, inclusive em realidades marcadas por limitações estruturais. A proposta permitiu a abordagem integrada de conceitos fundamentais da Química, como transformação da matéria, Lei de Conservação da Massa, termoquímica, cinética de decomposição, equilíbrios ácido-base, concentração de soluções e diluição, além de discussões sobre decomposição aeróbia e anaeróbia, gases de efeito estufa, aproveitamento energético do metano, biodegradação, Química Verde, ciclos biogeoquímicos, sistemas abertos e o papel dos microrganismos decompositores, por meio de atividades experimentais simples, de baixo custo e fortemente contextualizadas.

A análise do processo de compostagem mostrou uma redução expressiva da massa total aparente do material, associada à redistribuição da matéria entre frações sólida, líquida e gasosa, característica de sistemas abertos. A caracterização físico-química do composto, incluindo a medição de pH em faixa ácida, foi utilizada como elemento didático para discutir a evolução do processo e os fenômenos químicos envolvidos, sem a atribuição de caráter definitivo de estabilização. Esses resultados são consistentes com descrições de processos de compostagem em pequena escala e reforçam sua adequação como recurso experimental no ensino de Química Ambiental.

Paralelamente, os dados quantitativos referentes ao desempenho acadêmico e à frequência escolar indicaram melhora consistente entre os bimestres analisados, associada à adoção de uma abordagem experimental e contextualizada. A integração entre atividades em sala, práticas experimentais prolongadas e experiências em espaços não formais favoreceu maior envolvimento discente com os conteúdos químicos, como demonstram os registros de participação, proposição de soluções e replicação espontânea da prática fora do ambiente escolar.

A ressignificação do conceito de resíduo orgânico como matéria-prima para processos de transformação química constituiu um dos principais avanços conceituais observados, aproximando o ensino de Química de problemáticas ambientais contemporâneas e de práticas sustentáveis. Nesse sentido, a compostagem mostrou-se um eixo integrador eficaz para articular Química e Educação Ambiental, sem prejuízo do rigor conceitual exigido pela disciplina.

Embora os resultados devam ser interpretados à luz das limitações inerentes ao desenho metodológico adotado, o conjunto de evidências apresentado sugere que a compostagem constitui uma estratégia pedagógica viável, replicável e alinhada ao ensino experimental de Química, especialmente em contextos de escola pública. Assim, o trabalho contribui para o debate sobre práticas didáticas contextualizadas e sustentáveis no ensino de Química, reforçando o papel da experimentação como mediadora da aprendizagem científica.

Informações Suplementares

Informações Suplementares (questionário avaliativo diagnóstico e prova bimestral) estão disponíveis gratuitamente em <https://rvq.sbq.org.br/pdf/PROFQUI2026-5168-MS>.

Agradecimentos

Agradecemos ao Mestrado Profissional em Química em Rede Nacional (Pólo UFRRJ) e a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) – Código de Financiamento 001.

Referências Bibliográficas

1. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). *Education at a Glance 2023: OECD Indicators*. Disponível em: <https://www.oecd.org/en/publications/education-at-a-glance-2023_e13bef63-en.html>. Acesso em: 14 maio 2026.
2. Chassot, A.; Alfabetização científica: uma possibilidade para a inclusão social. *Revista Brasileira de Educação* **2023**, *22*, 89. [Link]
3. Feliciano, J. S. G.; Herbst, M. H.; Em *Bachelard e as ciências: obstáculos epistemológicos no desenvolvimento e no ensino-aprendizagem de Biologia, Química e Ciências Sociais*. Herbst, M. H.; Larentis, A. L.; Caldas, L. A.; Ribeiro, M. G. L.; Cazes, P. F.; Almeida, R. V.; Coelho, T. G.; Costa-Amaral, I., eds.; Editora Appris: Curitiba, 2023, p. 155-169.
4. Ausubel, D. P.; *Aquisição e retenção de conhecimentos: uma perspectiva cognitiva*. 1a. ed., Plátano: Lisboa, 2000. [Link]
5. Mortimer, E. F.; Machado, A. H.; A proposta curricular de Química do Estado de Minas Gerais: fundamentos e pressupostos. *Química Nova* **2000**, *23*, 273. [Crossref]
6. Schnetzler, R. P.; A pesquisa em ensino de Química no Brasil: conquistas e perspectivas. *Química Nova* **2002**, *25*, 14. [Crossref]
7. Sahito, Z.; Khoso, F.; Phulpoto, J.; The effectiveness of active learning strategies in enhancing student engagement and academic performance. *Journal of Social Sciences Review* **2025**, *5*, 110. [Crossref]
8. Grupo de Pesquisa em Educação, Desenvolvimento Humano e Diferenças – Laboratório em Educação e Diferenças (GEDH&LED). Parâmetros Curriculares Nacionais: ensino médio. Disponível em: <<https://gedh-uerj.pro.br/documentos/parametros-curriculares-nacionais-ensino-medio/>>. Acesso em 14 maio 2026.
9. Governo do Brasil. Base Nacional Comum Curricular – Educação é Base. Disponível em: <https://www.gov.br/mec/pt-br/escola-em-tempo-integral/BNCC_EI_EF_110518_versaofinal.pdf>. Acesso em: 14 maio 2026.
10. Ferreira, R.; Fecury, A.; Oliveira, E.; Dendasck, C.; De Matos Dias, C.; Socio-emotional skills in publications in education in the last five years: a brief review. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento* **2022**, *4*, 131. [Crossref]
11. Organisation for Economic Co-operation and Development (OECD). *Skills for Social Progress: The Power of Social and Emotional Skills*. Disponível em: <https://www.oecd.org/en/publications/skills-for-social-progress_9789264226159-en.html>. Acesso em: 14 maio 2026.
12. Abed, A. L. Z.; *O desenvolvimento das habilidades socioemocionais como caminho para a aprendizagem e o sucesso escolar de alunos da educação básica*. MEC/UNESCO: Brasília/São Paulo, 2014. [Link]
13. Masgras, C.; Enache, R.; A program for the development of socio-emotional competences in early education: effects on the students' interpersonal relationships. *Journal of Pedagogy – Revista de Pedagogie* **2025**, *LXXIII*, 45. [Crossref]

14. Del Pino, J. C.; Frison, M. D.; Química: um conhecimento científico para a formação do cidadão. *Revista de Educação, Ciências e Matemática* **2011**, *1*, 36. [Link]
15. Levy, B.; Oliveira, A.; Harris, C.; The potential of “civic science education”: theory, research, practice, and uncertainties. *Science Education* **2021**, *105*, 1053. [Crossref]
16. Freire, P.; *Pedagogia da autonomia: saberes necessários à prática educativa*. Paz e Terra: São Paulo, 1996. [Link]
17. Guedes, K.; Vieira, H.; Gomes, G.; Deckers, M.; Santos, J. de O.; Pereira, M. da S. C.; Experimentation as a teaching tool in chemistry. *Revista Delos* **2025**, *18*, e7547, 1. [Crossref]
18. Jacobi, P. R.; Educação ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. *Educação e Pesquisa* **2025**, *31*, 223. [Crossref]
19. Popescu, I.; Covaliu-Mierlă, C.; Niculescu, V.; Şandru, C.; Home composting: a sustainable solution at community level. *Sustainability* **2025**, *17*, 3368. [Crossref]
20. Fernandes, F.; *Manual prático para a compostagem de biossólidos*. Rio de Janeiro: ABES, 1999.
21. Lu, Q.; Jiang, Z.; Tang, P.; Yu, C.; Jiang, F.; Huang, J.; Feng, W.; Wei, Z.; Identify the potential driving mechanism of reconstructed bacterial community in reduce CO₂ emissions and promote humus formation during cow manure composting. *Journal of Environmental Management* **2023**, *345*, 118896. [Crossref]
22. Associação Brasileira de Resíduos e Meio Ambiente (ABREMA). *Panorama dos resíduos sólidos no Brasil*. Disponível em: <<https://www.abrema.org.br/panorama/>>. Acesso em: 14 maio 2026.
23. Borba, P. F. S.; Martins, E. M.; Correa, S. M.; Ritter, E.; Greenhouse gases emissions from a landfill in Rio de Janeiro. *Engenharia Sanitária e Ambiental* **2018**, *23*, 101. [Crossref]
24. Andrade, T. A. R.; Intorne, A. C.; *Resumos do V Congresso Nacional de Educação (CONEDU)*, Recife, Brasil, 2018.
25. Shay, J.; Solis, R.; García-Ojeda, M.; Tackling real-world environmental paper pollution: a problem-based microbiology lesson about carbon assimilation. *Frontiers in Microbiology* **2020**, *11*, 1. [Crossref]
26. Presidência da República - Casa Civil (Subchefia para Assuntos Jurídicos). Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. Disponível em: <https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 14 maio 2026.
27. Leis.org. Lei nº 9.897, de 10 de novembro de 2022. Disponível em: <<https://leis.org/estaduais/rj/rio-de-janeiro/lei/lei-ordinaria/2022/9897/lei-ordinaria-n-9897-2022-rio-de-janeiro-determina-que-no-prazo-de-24-meses-as-escolas-publicas-da-rede-estadual-de-ensino-disponibilizem-composteiras-organicas-para-reaproveitamento-de-sobras-da-producao-de-merenda-escolar>>. Acesso em: 14 maio 2026.
28. Del Pino, J. C.; Frison, L. M. B.; Representações sobre meio ambiente de alunos da Educação Básica de Palmas (TO). *Ciência & Educação* **2011**, *17*, 353. [Crossref]
29. Nordahl, S. L.; Preble, C. V.; Kirchstetter, T. W.; Scown, C. D.; Greenhouse gas and air pollutant emissions from composting. *Environmental Science & Technology* **2025**, *59*, 15573. [Crossref]
30. Portal MEC. *Estatística Aplicada à Educação*. Disponível em: <<https://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/profunc/estatistica.pdf>>. Acesso em: 14 maio 2026.
31. Tessaro, M.; Trevisol, M. T.; Bernardi, L.; Lugar que a escola ocupa para alunos do ensino fundamental: motivos para sua permanência nesse espaço. *Contexto & Educação* **2021**, *36*, 26. [Crossref]
32. Manjarres-Zambrano, N.; The role of the family in the development of socio-emotional skills in adolescents: a review from the educational context. *Noesis* **2025**, *2*, 43. [Crossref]
33. Freire, M. C.; Gomes, A. M. S.; Oliveira, E. L. S.; Oliveira, J. A.; Farias, M. J. B.; Lima, J. K. A.; Análise da concepção dos alunos sobre a geração e descarte de resíduos sólidos no ambiente escolar. *Diversitas Journal* **2016**, *1*, 3. [Crossref]
34. Stangherlin, C. C. C.; Specht, S.; Resíduos sólidos: percepções de alunos do ensino fundamental. *REGET – Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental* **2014**, *18*, 919. [Crossref]
35. Carvalho, L. B. J.; Faria Filho, F. M.; A Educação Ambiental no Ensino de Química das escolas brasileiras de Educação Básica. *Revista Prática Docente* **2024**, *9*, e24007. [Crossref]
36. Poletto, R. S.; Santos, R.; Contardi, R. S. A.; Lucas, L. B.; Concepções de alunos do Ensino Fundamental acerca dos resíduos sólidos urbanos, Educação Ambiental e mudanças climáticas. *REMEA – Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental* **2025**, *42*, 385. [Crossref]
37. Scadorieiro, S.; Kimura, A. H.; Medeiros, L. P.; Marques, L. A.; Aranome, A. M. F.; Kobayashi, R. K. T.; Gonçalves, G. D.; Morey, A. T.; Problematização e práticas de microbiologia para ensino médio de escolas públicas. *Experiências em Ensino de Ciências* **2018**, *13*, 1. [Link]
38. Silva, S. O.; Tiradentes, C. P.; Santos, S. X.; Decomposição e ciclagem de nutrientes: uma análise da abordagem do livro didático e da prática docente no ensino médio. *Tecné, Episteme y Didaxis* **2019**, *45*, 57. [Link]
39. Gonçalves, I. P.; Novello, T. P.; Pereira Junior, E. F. Z.; Educação ambiental no âmbito da gestão de resíduos: estudo em uma escola. *Expressa Extensão* **2022**, *27*, 148. [Crossref]
40. Broseghini, N. V.; Sossae, F. C.; Alves de Castro, M. C.; Ribeiro, M. L.; Fantim, M.; Percepção ambiental de uma comunidade escolar: manejo de resíduos sólidos. *Revista Brasileira Multidisciplinar* **2024**, *27*, 22. [Crossref]
41. Xavier, M. S.; Nunes, A. O.; Alves, L. A.; What do contemporary publications report about the generation of urban solid waste (MSW) and/or consumption from the perspective of chemistry teaching? *Cadernos de Educação, Tecnologia e Sociedade* **2024**, *17*, 561. [Crossref]
42. Miranda, I. D. S.; Using waste as a tool for environmental education and chemistry teaching. *Revista Científica Multidisciplinar Núcleo do Conhecimento* **2019**, *10*, 70. [Crossref]
43. Inácio, C. T.; *Compostagem: curso prático e teórico*. Embrapa Solos: Rio de Janeiro, 2015. [Link]

44. Heck, K.; De Marco, É. G.; Hahn, A. B. B.; Kluge, M.; Spilik, F. R.; Van Der Sand, S. T.; Temperatura de degradação de resíduos em processo de compostagem e qualidade microbiológica do composto final. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* **2013**, *17*, 54. [[Crossref](#)]
45. Carneiro, G. O.; Nascimento, J. O. do; Santos, L. M. F. dos; Pragana, R. B.; Avaliação da qualidade do composto orgânico produzido por meio de compostagem doméstica. *Revista GEAMA* **2024**, *10*, 20. [[Crossref](#)]
46. Massukado, L. M.; Schalch, V.; Avaliação da qualidade do composto proveniente da compostagem da fração orgânica dos resíduos sólidos domiciliares. *Revista DAE* **2014**, *183*, 9. [[Link](#)]
47. Silva, M. A. da; Martins, E. S.; Amaral, W. K. do; Silva, H. S. da; Martines, E. A. L.; Compostagem: experimentação problematizadora e recurso interdisciplinar no ensino de Química. *Química Nova na Escola* **2015**, *37*, 71. [[Crossref](#)]
48. Cicuto, C. A. T.; Torres, B. B.; Influência da frequência e participação no desempenho em um ambiente de aprendizagem centrado no aluno. *Química Nova* **2020**, *43*, 239. [[Crossref](#)]