

Aspectos da Educação STE(A)M em uma atividade de modelagem matemática no Ensino Médio brasileiro

Aspects of STE(A)M Education in a mathematical modelling activity in Brazilian High School

Ariely Aparecida Caruzo 

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Brasil

arielycaruzo@alunos.utfpr.edu.br

Karina Alessandra Pessoa da Silva 

Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR)

Brasil

karinasilva@utfpr.edu.br

Resumo. Neste artigo evidenciamos quais aspectos das áreas da Educação STE(A)M se manifestam no desenvolvimento de uma atividade de modelagem matemática no Ensino Médio brasileiro, em um contexto de aprendizagem chamado Itinerário Formativo. O quadro teórico que fundamenta a investigação está pautado na modelagem matemática como um meio de estabelecer conexões entre matemática e situações reais, permitindo a integração entre as diferentes áreas do conhecimento como Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática como assevera a Educação STE(A)M. A pesquisa empírica com 31 alunos de uma turma da 3ª série do Ensino Médio de uma escola pública brasileira possibilitou inferir que a mobilização dos aspectos das cinco áreas STE(AM) ocorreram transversalmente às três disciplinas, chamadas trilhas de aprendizagem, de dois Itinerários Formativos integrados. Registros escritos e fotográficos, bem como transcrições de gravações de áudio e vídeo subsidiaram as evidências abarcadas nos resultados. A análise qualitativa nos permitiu inferir que a atividade de modelagem matemática com temática de interesse e da realidade da maioria dos alunos se configurou como uma oportunidade de adaptar os conhecimentos estudados na escola para o contexto real, que pode estar presente em futuras carreiras profissionais.

Palavras-chave: educação matemática; educação STE(A)M; modelagem matemática; ensino médio; itinerário formativo.

Abstract. In this paper, we highlight which aspects of the STE(A)M Education fields manifest in the development of a mathematical modelling activity in Brazilian high school, in a learning context called Formative Itinerary. The theoretical framework that underpins the investigation is based on mathematical modelling as a means of establishing connections between mathematics and real



situations, allowing the integration between different areas of knowledge such as Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics, as asserted by STE(A)M Education. The empirical research with 31 students from a 3rd grade class of high school in a Brazilian public school made it possible to infer that the mobilization of aspects of the five STE(AM) areas occurred transversally to the three disciplines, called learning paths, of two integrated Formative Itineraries. Written and photographic records, as well as transcriptions of audio and video recordings, supported the evidence covered in the results. The qualitative analysis allowed us to infer that the mathematical modelling activity with a theme of interest and reality for most students was configured as an opportunity to adapt the knowledge studied at school to the real context, which may be present in future professional careers.

Keywords: mathematics education; STE(A)M education; mathematical modelling; high school; formative itinerary.

Introdução

A educação integrada STE(A)M, ou Educação STE(A)M, consiste em uma abordagem que incentiva a articulação entre conhecimentos das áreas – Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática – para resolver problemas reais que podem estar associados a carreiras STE(A)M. Considerando os avanços tecnológicos que têm interferido na comunicação entre os indivíduos em seus diferentes contextos de atuação, Brady et al. (2015) asseveram a necessidade dos profissionais STE(A)M “adaptar, de forma criativa, o conhecimento que obtiveram na escola para o usarem de modo eficaz” (p. 37). Um aluno do Ensino Médio, com idade entre 15 e 17 anos, por exemplo, pode calcular o volume de um prisma de base triangular, mas não adaptar essa abordagem ao cálculo do volume de concreto para a construção de uma rampa de acesso. Saber resolver exercícios rotineiros de matemática, não garante reconhecer seu uso em problemas reais.

Para Brady et al. (2015), esse reconhecimento pode ser uma competência desenvolvida ao se “propor aos alunos atividades que ofereçam experiências mais realistas em cenários de resolução de problemas para além da escola” (p. 37). Atividades de modelagem matemática podem proporcionar tais experiências, visto que se concentram na “obtenção de uma solução para um problema identificado em uma situação da realidade, mediada pela construção e validação de um modelo matemático” (Almeida et al., 2021, p. 125). Reconhecendo a necessidade de acessibilidade na escola, alunos da 2ª série do Ensino Médio desenvolveram uma atividade de modelagem matemática que, entre outros problemas, determinaram o volume de concreto para construir rampas, o que “incentivou a tomada de consciência por parte dos alunos com relação às áreas STEAM” (Pessoa & Silva, 2023, p. 19), bem como a aplicabilidade do cálculo do volume do prisma de base triangular.

A integração entre Educação STE(A)M e modelagem matemática tem permeado pesquisas realizadas em diferentes ambientes educacionais e relatadas na literatura (Baioa & Carreira, 2019; Hallström & Schönborn, 2019; Pessoa & Silva, 2023), sendo, inclusive, uma temática apontada na plenária da 21ª edição da International Conference on the Teaching of Mathematical Modelling and Applications (ICTMA), ocorrida no Japão, em 2023, e abordada em Goos e Carreira (2025). Na pesquisa de Pessoa e Silva (2023), a atividade de modelagem matemática foi desenvolvida em um Itinerário Formativo do Novo Ensino Médio em que a construção de rampas foi tratada na temática Acessibilidade.

No Brasil, a partir da sanção da Lei nº 13.415, de 16 de fevereiro de 2017, foi instaurado o chamado Novo Ensino Médio, uma reformulação curricular da etapa final da educação básica, que atende, em geral, alunos entre 16 e 18 anos. Essa reformulação teve como objetivos principais a ampliação da carga horária e a flexibilização do currículo, permitindo que os alunos tenham maior autonomia na escolha das disciplinas que desejam cursar. Entre as mudanças, foram criados os Itinerários Formativos (IF), um conjunto de disciplinas, projetos, oficinas, que intentam aprofundar os conhecimentos de uma ou duas áreas (Matemáticas e suas Tecnologias; Linguagens e suas Tecnologias; Ciências da Natureza e suas Tecnologias; Ciências Humanas e Sociais Aplicadas). De acordo com a Base Nacional Comum Curricular (BNCC), documento que norteia o currículo brasileiro, os IF “possibilitam ao estudante aprofundar seus conhecimentos e se preparar para o prosseguimento de estudos ou para o mundo do trabalho de forma a contribuir para a construção de soluções de problemas específicos da sociedade” (Brasil, 2018, p. 2).

Os apontamentos supracitados podem ser um indicativo de que abordagens STE(A)M sejam empreendidas de modo mais incisivo nas escolas brasileiras, especialmente no Novo Ensino Médio, cuja proposta inclui preparar o indivíduo para o mercado de trabalho. Diante desse cenário, este estudo tem como objetivo analisar *que aspectos das áreas da Educação STE(A)M se manifestam em uma atividade de modelagem matemática desenvolvida em Itinerários Formativos do Novo Ensino Médio brasileiro*. É no contexto dos IF que pautamos a análise que realizamos neste artigo, em que uma atividade de modelagem matemática integrada à Educação STE(A)M foi desenvolvida com alunos de uma turma de 3ª série de uma escola pública, localizada no sul do Brasil.

Possibilidades e potencialidades da abordagem STE(A)M em sala de aula

O movimento STE(A)M, acrônimo de Science, Technology, Engineering, Arts and Mathematics, tem se consolidado como uma proposta educacional com potencial para responder às demandas contemporâneas de uma sociedade em constante transformação. Ao articular diferentes áreas do conhecimento, busca promover aprendizagens integradas, contextualizadas e centradas na resolução de problemas reais.

Com origem nos Estados Unidos na década de 1990, a Educação STEM surgiu como resposta à necessidade de tornar o ensino de Ciências e Matemática mais atrativo e alinhado às demandas sociais e aos avanços tecnológicos. Posteriormente, com a inclusão da letra “A” (Arts), a proposta foi ampliada, conferindo um caráter mais abrangente ao integrar expressões culturais, visuais, linguísticas e corporais, reconhecendo a importância da criatividade e da sensibilidade na formação dos estudantes (Pugliese, 2020).

De acordo com Rosa e Orey (2021, p. 843), “a Educação STEM permite que os alunos desenvolvam conhecimento, atitudes e habilidades que lhes permitem identificar questões retiradas de situações da vida real e tirar conclusões baseadas em evidências sobre esses problemas”. Nesse sentido, a abordagem STE(A)M, especialmente quando integrada a propostas pedagógicas pautadas na resolução de problemas – em particular aquelas que consideram o contexto e os interesses dos estudantes –, favorece a integração curricular e a valorização de múltiplas linguagens, como a científica, a tecnológica, a artística, a verbal e a escrita.

Para English (2017, p. 6), a implementação da abordagem STE(A)M exige atenção a cinco dimensões fundamentais: “(a) perspectivas sobre a educação STEM, (b) abordagens para a integração STEM, (c) representação das disciplinas STEM, (d) equidade no acesso à educação STEM, (e) estender STEM para STEAM (incorporando as artes)”. A autora argumenta que o foco deve estar em práticas autênticas, colaborativas e culturalmente relevantes, nas quais os estudantes sejam encorajados a participar ativamente da construção do conhecimento.

Hallström e Schönborn (2019) complementam esse argumento ao afirmar que, para que a Educação STE(A)M seja relevante na aprendizagem, é necessário compreender como se materializa em práticas pedagógicas reais. Os autores defendem que a integração entre áreas pode se dar de diferentes formas — bidisciplinar, interdisciplinar ou transdisciplinar —, desde que respeite a intencionalidade pedagógica, o contexto e a complexidade dos problemas investigados. Assim, o professor assume o papel de estruturar o ambiente investigativo, formular os problemas e garantir os recursos necessários para a experiência educativa.

Baioa e Carreira (2019) destacam que a abordagem STE(A)M

permite e promove o uso de materiais e equipamentos, incentiva o trabalho prático (‘mãos na massa’), a aprendizagem cooperativa, a discussão e pesquisa, o questionamento e a elaboração de conjecturas, a produção de justificações, a elaboração de relatórios, a atividade de resolução de problemas, incluindo o recurso a tecnologias. (p. 11)

Além disso, as autoras ressaltam que o professor atua como facilitador da aprendizagem, incentivando a construção de conhecimento por meio da conexão entre saberes e da mobilização de múltiplas competências.

Na educação, competência refere-se à mobilização articulada de conhecimentos, habilidades e atitudes que permite ao sujeito, em processo de aprendizagem, enfrentar e lidar adequadamente com um conjunto de tarefas e situações educativas. No Brasil, o termo é adotado oficialmente pela BNCC e estabelece, como finalidade do ensino, o desenvolvimento de competências que integrem saberes diversos e promovam ações críticas, éticas e transformadoras na vida pessoal, social e profissional.

Na Educação STEAM, as competências envolvem também dimensões cognitivas, sociais e afetivas, importantes para o desenvolvimento integral dos alunos. Criatividade, pensamento crítico, autonomia, comunicação e resolução de problemas são exemplos de competências transversais que se mostram relevantes em práticas pedagógicas baseadas em projetos, investigação e produção coletiva. Como observa Pugliese (2020, p. 210), “a aplicação de conhecimentos de diferentes áreas para resolver problemas complexos e reais rompe com o ensino tradicional passivo de ciências, no qual o aluno pouco interage com o objeto de estudo e não vê conexões com o mundo empírico”.

Em sala de aula, as potencialidades STE(A)M se manifestam em práticas que promovem o protagonismo, o uso de tecnologias digitais, a interdisciplinaridade e a articulação entre conhecimento científico e cotidiano. Tais experiências favorecem a aprendizagem ativa e criam oportunidades para que os alunos se tornem produtores de conhecimento, e não apenas consumidores.

Carreira e Baioa (2018, p. 204), asseveram que “a atividade prática, para o estudante, torna-se o resto do mundo dentro da sala de aula ou do laboratório escolar”. Além disso, Maiorca et al. (2023, p. 2) destacam que a “resolução de problemas práticos e reais de forma concreta e relevante, pode ampliar a percepção dos estudantes sobre a aplicabilidade do STEM”. Nessas práticas, o estudante atua como agente investigativo, capaz de propor, testar e comunicar soluções para os problemas que investigam.

Estudos recentes têm buscado compreender o papel da Matemática em abordagens interdisciplinares STE(A)M. Goos et al. (2023) apontam que, apesar de ser considerada central, a Matemática muitas vezes ocupa uma posição secundária em práticas integradoras, sendo reduzida a instrumento de apoio a outras áreas. As autoras destacam a necessidade de compreender como a Matemática contribui efetivamente para a resolução de problemas autênticos e para o desenvolvimento do pensamento interdisciplinar, enfatizando que sua integração deve preservar a integridade conceitual e epistêmica da disciplina.

Diego-Mantecón et al. (2021) analisaram a implementação de projetos STE(A)M em salas de aula do ensino secundário considerando a aprendizagem baseada em projetos (PBL) como uma forma de integrar as áreas STEAM em sala de aula. Os autores destacam que a Educação STE(A)M está ligada a várias metodologias de aprendizagem, sendo a PBL a mais comum. O estudo mostra que, embora a PBL promova colaboração, criatividade e engajamento, ainda é um desafio garantir que a Matemática mantenha um papel

conceitualmente robusto e não apenas instrumental. Assim, a efetividade das práticas STE(A)M depende da forma como as conexões disciplinares são estruturadas e do modo como os professores integram a Matemática às demais áreas. Diego-Mantecón et al. (2021) observaram que, na implementação de projetos STE(A)M, o equilíbrio entre integração e profundidade conceitual depende fortemente da formação e das concepções docentes, o que revela a necessidade de promover práticas pedagógicas que garantam a relevância da Matemática no contexto STE(A)M.

Apesar das potencialidades, a difusão da abordagem STE(A)M no Brasil ainda enfrenta desafios, sobretudo nas escolas da rede pública de ensino. A escassez de recursos, a formação inicial fragmentada e a ausência de políticas estruturadas para a integração curricular são entraves ainda presentes. No entanto, documentos como a BNCC e as Diretrizes para os Itinerários Formativos do Novo Ensino Médio, ainda que timidamente, já sinalizam caminhos para experiências que dialogam com a proposta STE(A)M.

A adoção da abordagem STE(A)M depende da intencionalidade docente. Ao reconhecer suas possibilidades e potencialidades, torna-se possível planejar ações que articulem teoria e prática, diferentes áreas do conhecimento e experiências, contribuindo para a formação de sujeitos críticos, criativos e protagonistas de suas aprendizagens, como pode ser desencadeado por atividades de modelagem matemática.

Educação STE(A)M e Modelagem Matemática

No cenário educacional brasileiro, a busca por práticas pedagógicas mais contextualizadas e conectadas às vivências dos estudantes tem se intensificado nos últimos anos, especialmente diante das mudanças propostas para as diferentes etapas de ensino. Nesse contexto, a aproximação entre a Educação STE(A)M e a Modelagem Matemática desponta como uma possibilidade.

A Modelagem Matemática, compreendida como uma abordagem pedagógica que propõe a investigação e a interpretação de situações do mundo real por meio da Matemática, tem sido amplamente discutida na literatura brasileira (Barbosa, 2001; Burak, 2019; Almeida et al., 2012). A resolução de problemas contextualizados, a mobilização de linguagens diversas, o uso de diferentes recursos, a construção de modelos e a validação de soluções fazem parte de um processo que, por sua própria natureza, favorece o diálogo com outras áreas do conhecimento.

Como destaca Almeida (2022, p. 125), “a modelagem na sala de aula tem um caráter letivo, que não é independente da prática pedagógica”. Assim, o desenvolvimento de atividades de modelagem matemática exige um planejamento intencional, articulação com o currículo e levar em consideração a realidade dos alunos. O caráter investigativo e interdisciplinar da modelagem aproxima-se dos princípios que estruturam a Educação

STE(A)M. De fato, em atividades de modelagem, “os problemas abordados não são puramente matemáticos, permitindo assim a mobilização de outras disciplinas (por exemplo, economia, biologia, geografia, ecologia, etc.) para considerar problemas e encontrar soluções” (Araújo & Mirson, 2024, p. 506).

A integração entre modelagem matemática e Educação STE(A)M tem sido discutida por alguns autores como uma via promissora para práticas pedagógicas. Carreira e Baioa (2018) defendem que a Modelagem Matemática pode funcionar como eixo articulador em propostas STE(A)M, pois oferece um “espaço metodológico no qual os alunos podem mobilizar conhecimentos científicos, tecnológicos, matemáticos e artísticos na construção de soluções para situações complexas” (p. 1105). Nessa perspectiva, a Matemática deixa de ser um fim em si mesma e passa a atuar como uma linguagem a serviço de uma investigação.

No Brasil, experiências que articulam modelagem matemática e Educação STE(A)M têm ganhado espaço, sobretudo em contextos que valorizam propostas baseadas em projetos, investigação e construção colaborativa. Pessoa e Silva (2023), no contexto de um Itinerário Formativo evidenciaram que:

compreensões relativas a aspectos de Ciência, Tecnologia, Engenharia, Artes e Matemática, foram evidenciadas na busca por informações sobre a situação, coletando dados *in loco*, compartilhando tais dados, organizando-os em tabelas, fazendo uso de software computacional para ajustar uma curva, associando conteúdos matemáticos para apresentar soluções aos problemas estudados. (p. 18)

Em um processo de *design* de engenharia, implementado em aulas de Cálculo Diferencial e Integral em turmas do Ensino Superior, Silva et al. (2022) vislumbraram aspectos da Educação STEM quando alunos de Engenharia desenvolveram atividades de modelagem matemática sobre a temática radares fixos instalados em rodovias. A investigação mostrou que alguns grupos integraram naturalmente as quatro áreas STEM e outros realizaram essa integração de forma parcial sob orientação das professoras da disciplina. A pesquisa, em certa medida, evidenciou o engajamento, a aprendizagem e a percepção da Matemática como possibilidades de apresentar soluções para situações da realidade próximas de suas carreiras profissionais.

O problema de pesquisa

A pergunta que subsidia a nossa pesquisa é: que aspectos das áreas da Educação STE(A)M se manifestam em uma atividade de modelagem matemática desenvolvida em Itinerários Formativos do Novo Ensino Médio brasileiro?. A investigação para trazer reflexões para essa pergunta está subsidiada em uma atividade de modelagem matemática que foi desenvolvida ao longo do ano de 2024 por estudantes brasileiros.

Os sujeitos e o contexto da pesquisa

A investigação que realizamos é orientada em uma pesquisa empírica em que uma atividade de modelagem matemática foi desenvolvida por 31 alunos de uma turma da 3ª série do Novo Ensino Médio, com idades entre 17 e 18 anos, em aulas de disciplinas, chamadas trilhas de aprendizagem, de dois Itinerários Formativos integrados de uma escola pública, de um município localizado no norte do estado do Paraná, na região Sul do Brasil.

A atividade foi desenvolvida de modo transversal a três trilhas de aprendizagem, intituladas Robótica, Programação e Resolução de Problemas, ministradas pela mesma professora (primeira autora deste artigo) e pertencentes ao Itinerário Formativo Integrado Matemática e suas Tecnologias e Ciências da Natureza e suas Tecnologias. As trilhas, ao longo da semana, totalizavam seis aulas.

A temática, explorada na atividade, baseou-se em sugestões apresentadas pelos alunos em um levantamento prévio sobre temas de interesse. *Agricultura* foi um tema mencionado em três das respostas coletadas. Sua relevância também foi reforçada pelo contexto local, uma vez que muitos alunos da turma são filhos de produtores rurais, o que favoreceu a conexão da atividade com a realidade. Ao refletir sobre como relacionar a temática ao cotidiano dos alunos, a professora sugeriu o plantio como uma possibilidade prática. No pátio da escola havia uma caixa d'água preenchida com terra e que estava sem uso (Figura 1), o que inspirou a ideia de realizar algum plantio nesse espaço.



Figura 1. Caixa d'água no pátio da escola

Além da presença desse aparato, o tema dialogava com os conteúdos previstos nos documentos orientadores das trilhas de aprendizagem (Tabela 1).

Considerando a transversalidade da temática em relação às trilhas de aprendizagem, os conteúdos presentes no currículo e a presença da caixa d'água na escola, foi feito um planejamento da atividade *Reutilizando: uma ideia para o uso de caixas d'água na agricultura urbana*, que trazia como problemática: *No pátio de nossa escola há uma caixa d'água que não está em utilização. Considerando a prática de reutilização de recipientes para plantio, de que maneira podemos utilizá-la? O que pode ser plantado nela? Como pode ser plantado? Quais são as condições necessárias para o plantio e sua manutenção?*

Tabela 1. Conteúdos e objetivos das trilhas de aprendizagem

Trilha de aprendizagem	Conteúdo(s)	Objetivos
Resolução de Problemas	Matemática no campo	Aplicar objetos do conhecimento da Matemática em situações-problema do cotidiano no campo; Planejar e executar ações para melhorar diferentes tipos de plantio; Conhecer e aplicar tecnologias rurais.
Robótica	Sensor de umidade de solo Mecanismo irrigador automático	Conhecer o componente eletrônico sensor de umidade do solo; Entender o funcionamento do sensor de umidade do solo; Desenvolver um sistema via programação, capaz de monitorar a umidade presente no solo.
Programação	Desenvolvimento de programação por códigos	Demonstrar a importância da irrigação automática na manutenção hídrica de plantas; Simular o mecanismo de funcionamento de um irrigador automático; Desenvolver uma programação por códigos que permita o funcionamento de um sensor de umidade de solo e de um sistema de irrigação automático simultaneamente.

A implementação da atividade ocorreu no período de 06 de maio a 18 de novembro de 2024 e contou com a participação dos alunos, organizados em seis grupos, compostos por quatro ou cinco integrantes. Neste período, os alunos planejaram, executaram e acompanharam o desenvolvimento de um plantio. Para isso, a implementação da atividade foi estruturada em três etapas, permitindo a continuidade e o acompanhamento do processo, conforme consta na Tabela 2.

Tabela 2. Etapas de desenvolvimento da atividade

Etapas	Período	Duração	Ação
1ª etapa	06/05/24 e 13/05/24	6 aulas de 50 minutos cada	Proposição da atividade; Formação dos grupos; Discussão da proposta pelos grupos; Pesquisa pelo que poderia ser plantado; Coleta de informações; Manipulação de informações matemáticas; Planejamento de distribuição do plantio; Elaboração da proposta de plantio na caixa. Decisão sobre para o que seria plantado e sua finalidade; Decisão coletiva da divisão da caixa;
2ª etapa	02/09/24 e 04/09/24	6 aulas de 50 minutos cada	Preparação da caixa para receber o plantio; Execução do plantio; Observação e acompanhamento do plantio; Realização e observação da irrigação manual. Conclusões sobre a irrigação manual;
3ª etapa	28/10/24, 30/10/24 e 18/11/24	8 aulas de 50 minutos cada	Planejamento de um sistema de irrigação automatizado; Execução da construção do sistema de irrigação; Acompanhamento do desenvolvimento do plantio; Considerações sobre a prática realizada.

Vale ressaltar que a quantidade de alunos presentes variou em cada etapa, uma vez que houve ausências nos dias em que a atividade foi desenvolvida, o que ocasionou alterações na composição dos grupos.

A coleta e a análise dos dados

O movimento analítico foi embasado nas considerações relativas aos dados produzidos no desenvolvimento da atividade, em que foram utilizadas gravações em áudio e vídeo das aulas, registros fotográficos e registros escritos produzidos e entregues pelos alunos. As gravações foram transcritas na íntegra para manter a fidedignidade dos dados. Durante as transcrições, utilizamos o recurso de colchetes para descrever alguns gestos e expressões.

Para a produção dos dados, foram solicitadas a autorização da escola e a assinatura de um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE) pelos responsáveis de cada aluno. Para garantir o anonimato, os participantes foram referenciados ao longo do texto por nomes fictícios.

A análise dos dados seguiu os paradigmas da pesquisa qualitativa, de cunho interpretativo (Bogdan & Biklen, 1982). Este tipo de análise é descritivo e fundamentado no quadro teórico da investigação, que visa apresentar que aspectos das áreas da Educação STE(A)M se manifestam em uma atividade de modelagem matemática desenvolvida em Itinerários Formativos do Novo Ensino Médio brasileiro.

A atividade de modelagem matemática integrada à Educação STE(A)M

A seguir, são descritas e analisadas cada uma das etapas de desenvolvimento da atividade, com foco nos aspectos das áreas da Educação STE(A)M e como estes se manifestaram.

Primeira etapa da atividade

A primeira etapa da atividade teve início durante as aulas das trilhas de aprendizagem Resolução de Problemas e Robótica. A atividade, planejada a partir da articulação entre a temática Agricultura e a caixa d'água presente na escola, apresentou uma situação-problema real e localizada, com a qual os alunos tinham vínculo direto. Conforme aponta Almeida (2022, p. 135), “a modelagem na sala de aula deve estar relacionada a uma situação da realidade e não a uma situação simulada ou em que os dados são simulados”, além disso, considerar meios para resolver um problema em que a organização de um plantio fosse efetivada em um espaço específico poderia suscitar aspectos relativos ao trabalho de um engenheiro agrônomo, por exemplo.

Com os alunos organizados em grupos, o problema foi apresentado por meio da leitura coletiva de um texto introdutório sobre a prática da agricultura urbana e o reaproveitamento de recipientes para cultivo. Os grupos foram incentivados a buscar

informações que pudessem auxiliar na resolução do problema, utilizando os computadores disponíveis na escola e seus próprios telefones celulares. Por meio de pesquisas, os alunos exploraram possibilidades relacionadas ao plantio, como características de cultivo de diferentes espécies e a finalidade das plantas. Essa etapa inicial mobilizou aspectos relacionados à Tecnologia, ao favorecer o uso de ferramentas digitais para a pesquisa, e à Ciência, ao requerer a compreensão das propriedades biológicas e ambientais das plantas.

Para materializar o contato com a situação em estudo, os alunos se dirigiram ao pátio da escola onde se encontrava a caixa d'água. Durante a observação, perceberam que a superfície destinada ao plantio apresentava formato semelhante a um círculo. Com isso, utilizaram a característica dessa figura geométrica para iniciar o levantamento de dados. Assim, realizaram medições para obter os valores do raio e do diâmetro da caixa, utilizando régua de madeira de um metro, disponibilizadas pela escola (Figura 2a e 2b). Nessa etapa, surgiram discussões sobre quais medidas deveriam ser consideradas e de que forma poderiam garantir maior exatidão nos cálculos, o que evidenciou aspectos relacionados à área de Matemática.

O diálogo a seguir ilustra a interação e o processo de medição:

- Raquel: Onde é o meio aqui?
 Professora: Onde vocês acham que está localizado o meio da superfície da caixa?
- Manoela: Eu acho que é mais aqui [gesto apontando para a caixa].
 Professora: Sara, sobe ali [mureta próxima à caixa] e olha a caixa de cima. Assim você consegue guiar as meninas. Aponta onde você acha que está o centro.
- Raquel: Usa a minha caneta para marcar.
 Sara: É mais para cá. Manoela, vai um pouco mais para lá.
 Professora: Vocês terão que definir esse ponto como o centro e usá-lo.
 Diana: Acho que agora tá bom.
 Professora: Agora podemos medir o raio. Para medir precisamos partir do centro até a borda.
- Laís: 68 cm.
 Professora: Será que a gente precisa de mais alguma medida?
 Diana: Tem que ver se do outro lado vai dar a mesma medida.
 Manoela: Vamos medir.
 Diana: Aqui, deu certo, 68 cm também.
 Professora: Então o nosso raio é 68 cm.

De modo geral, ao manipular as régua, os grupos determinaram o diâmetro como aproximadamente 136 cm, o que resultou em um raio de 68 cm. Com essas informações, utilizaram a expressão algébrica da área do círculo ($A = \pi r^2$), considerando o valor de π como 3,14, e obtiveram a área aproximada da superfície da caixa d'água: 14519 cm². No registro apresentado na Figura 2c é possível notar que os alunos cometeram um equívoco com relação ao resultado da multiplicação.

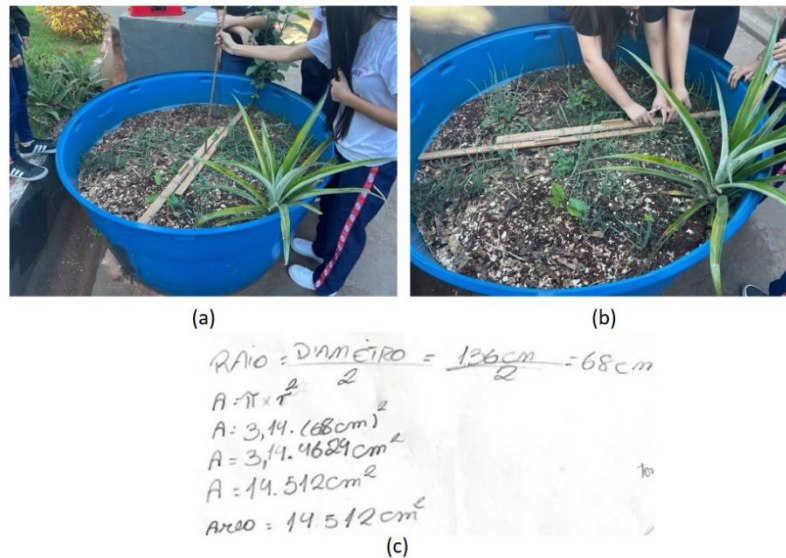


Figura 2. Coleta de medidas e cálculo da área da superfície da caixa d'água

Durante a observação, um aluno – Lucca – questionou se seria possível calcular a área multiplicando as medidas dos lados da caixa (Figura 3a), evidenciando uma conexão inicial com conhecimentos de geometria de outras formas geométricas. A professora, então, indagou se essa era a maneira adequada de calcular a área de um círculo, estimulando o pensamento crítico e a busca por soluções mais apropriadas ao contexto. O aluno argumentou que considerar uma “área quadrada” facilitaria o planejamento da disposição das mudas. Persistindo na ideia, recorreu à internet para buscar informações que pudessem contribuir com o cálculo da área de um quadrado inscrito em um círculo. Essa iniciativa mobilizou aspectos da área Tecnologia como fonte de pesquisa e ativação de competências da Engenharia, ao considerar a otimização do espaço.

Com base na pesquisa, Lucca identificou o conceito de relações métricas do quadrado inscrito em uma circunferência ($l = r \cdot \sqrt{2}$), em que, a partir do raio, é possível determinar a medida do lado do quadrado inscrito. Com essa informação e o auxílio da professora, o aluno, considerando o raio r na medida de 70 cm, calculou a área aproximada do quadrado – 10000 cm² (Figura 3b) – onde poderia ser realizado o plantio e estimou a quantidade de 49 mudas que poderiam ser plantadas (Figura 3c). Apesar do método não utilizar toda a superfície da caixa d'água, a solução se mostrou suficiente para os objetivos definidos pelo aluno. Com isso, evidenciamos aspectos da área Matemática na resolução de um problema real e a flexibilidade em adaptar a solução às necessidades percebidas, que dialoga com a área Engenharia.

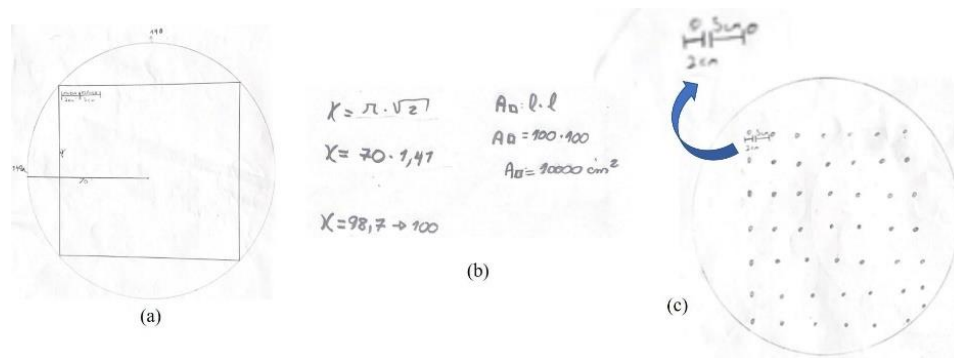


Figura 3. Registros produzidos por Lucca sobre o plantio em uma área quadrada inscrita na superfície da caixa d'água

Os grupos que optaram por mais de um tipo de planta, dividiram a área do círculo de forma a viabilizar o plantio de diferentes culturas. Com isso, o círculo que representava a superfície da caixa d'água adquiriu novos formatos, que os alunos representaram em seus registros escritos (Figura 4a). Neste caso, uma abordagem matemática se fez necessária: calcular a área desse novo formato, o setor circular. Essa etapa promoveu a retomada de conhecimentos matemáticos relacionados à geometria plana e divisão proporcional, mobilizando aspectos das áreas de Matemática e Ciência, com relação ao crescimento e à compatibilidade entre espécies.

Ao analisarem os setores de plantio, os alunos constataram que a distribuição escolhida resultaria em áreas muito pequenas, comprometendo o desenvolvimento das plantas e levaria a uma produção reduzida (Figura 4c). Diante dessa percepção, retornaram à caixa d'água para testar, observar e refletir sobre os espaços delimitados. A transcrição a seguir, mostra o processo de validação empírica e a busca por soluções mais eficientes:

- Serena: Professora, agora eu fiz medindo palmo. Primeiro a gente tentou fazer as contas, mas estava dando errado. Aí a gente voltou lá na caixa e com a medida que a gente encontrou na internet, que as plantinhas precisam de mais ou menos 20 cm de distância para crescer certinho, fomos medindo usando palmos para saber quantas mudas iriam caber.
- Professora: Então vocês estão usando como referência o palmo. Temos que anotar para não esquecer. Esse palmo que vocês usaram tem quantos centímetros?
- Larissa: 20 cm. Usei a minha mão.
- Serena: Ela mediu a mão dela e deu esse valor.
- Larissa: Então, o que acontece é que vimos que nossa conta está errada.
- Professora: Pode ser alguma informação que vocês usaram errado. Bom, vamos retomar. A ideia de vocês era dividir a caixa em três partes.
- Larissa: Duas agora.
- Professora: Duas? Vocês desistiram da terceira?
- Serena: As contas não estavam dando certo. Estava dando um número pequeno de produtos.
- Professora: E agora vocês chegaram a alguma conclusão do quanto pode ser plantado?
- Larissa: 24 rabanetes e 24 cenouras.

A experimentação revelou inconsistências que motivaram a reorganização das estratégias inicialmente planejadas (Figura 4a e 4b). A decisão de modificar a disposição dos plantios com base em observações do mundo real evidencia a mobilização de aspectos da área Engenharia, como a flexibilidade, a capacidade de adaptação e a busca por soluções mais eficazes diante de problemas com informações da realidade.

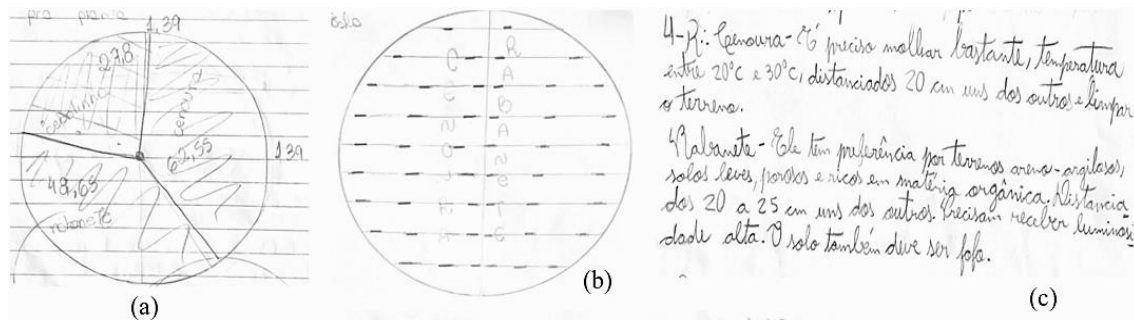


Figura 4. Distribuição do plantio realizada por um dos grupos

Nas aulas da trilha Robótica, os alunos retomaram e organizaram informações coletadas anteriormente. Para compartilhar as respostas aos questionamentos “de que maneira podemos utilizá-la?”, “O que pode ser plantado nela?” e “Como pode ser plantado?”, os alunos realizaram apresentações utilizando textos, slides e exposições orais. Durante as discussões, um grupo destacou os cuidados com o plantio:

- | | |
|-------------|--|
| Professora: | O que vocês pensaram para plantar? |
| Fábio: | Rúcula. |
| Professora: | Por que rúcula? |
| Fábio: | Porque é simples, cresce rápido. |
| Vinícius: | Porque cabe uma quantidade maior na caixa. |
| Professora: | E vocês pensaram em como plantar essa rúcula? |
| Luan: | Pensamos em cavar um espacinho, colocar ela e criar um sistema de irrigação, usando uma mangueira, para mantê-la abastecida. |
| Professora: | Muito bem pensando. O irrigador é uma ótima ideia. |

Aproveitando a indicação dos alunos, a professora, como já planejado, introduziu dois conteúdos curriculares da trilha de aprendizagem Robótica, sensor de umidade do solo e irrigação automática (Figura 5). A partir da explicação, os grupos, considerando a ideia elaborada no momento inicial da atividade e o plantio, buscaram informações sobre umidade, temperatura, profundidade e métodos de irrigação, a fim de responder o questionamento “Quais são as condições necessárias para o plantio e sua manutenção?”. Essa nova fase da investigação mobilizou as áreas Tecnologia e Engenharia, alicerçadas em conhecimentos de Ciência.

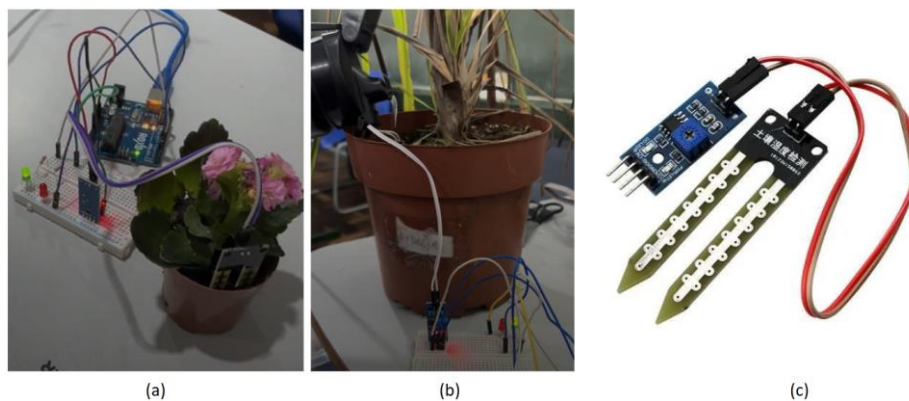


Figura 5. Manipulação do sensor de umidade do solo

A busca por essas novas informações fez com que os alunos repensassem as espécies escolhidas, considerando suas especificidades de plantio e características do ambiente onde a caixa d'água se encontrava, como o espaço necessário para cada tipo de planta, condições de luz e umidade do local e a compatibilidade entre as culturas. Esse processo refletiu a aplicação de conhecimentos de Ciência e de Engenharia.

Segunda etapa da atividade

A segunda etapa da atividade teve continuidade em seis aulas de 50 minutos, nos dias 02 e 04 de setembro, em que os grupos avançaram para a fase de tomada de decisões e execução prática de uma proposta. Essa etapa representou a transição do planejamento à ação.

O primeiro passo dessa etapa consistiu na escolha das espécies que seriam plantadas e na definição da finalidade do cultivo. Por meio de uma discussão mediada pela professora, as propostas de cada grupo foram retomadas via apresentação de slides. Ao final da exposição, foram informados de que, por haver apenas uma caixa d'água disponível na escola, deveriam entrar em consenso sobre a proposta executada coletivamente.

Por meio de uma enquete via plataforma *Mentimeter*, os alunos votaram nas propostas de plantio, cuja vencedora, com 46% dos votos, foi a do Grupo A, com a divisão da caixa d'água em quatro partes para o cultivo de temperos – cebolinha, salsinha, manjericão e alho –, para uso na merenda escolar. Além disso, justificaram a escolha com base no rápido crescimento e na fácil manutenção dessas espécies. Esse encaminhamento promoveu aspectos da área Ciência, bem como de Artes em que a tomada de decisão exigiu que os estudantes utilizassem argumentos para convencimento dos pares.

Antes de iniciarem o plantio, a professora solicitou que os alunos revisassem as condições da caixa d'água e verificassem se alguma manutenção prévia seria necessária. Durante a nova observação, os alunos constataram que o solo encontrava-se seco e compactado. Além disso, foi percebido que o volume de terra era insuficiente. De forma autônoma, os alunos organizaram-se para buscar mais terra (Figura 6a), realizaram o processo que denominaram “amaciar a terra” (Figura 6b), removendo resíduos, nivelando

e umedecendo o solo (Figura 6c). As tarefas foram divididas entre os integrantes dos grupos, que se organizaram coletivamente para otimizar o tempo e garantir a execução da tarefa.



Figura 6. Preparação da caixa d'água para o plantio

Dando continuidade, os alunos refletiram sobre a divisão da caixa, utilizando cabos de vassoura encontrados pela escola, demarcaram sobre a terra as quatro partes previstas para o cultivo (Figura 7a). Durante esse processo, observações surgiram:

Raul: Gente, acho que esse espaço é muito pequeno.
 Laís: Como assim?
 Raul: Olha isso aqui, não vai caber nem dez pés de salsa!
 Raquel: Então o que a gente vai fazer?
 Elena: Dividir de outro jeito.

Com base nas interações entre Raul e Elena, os alunos simularam outras possibilidades de divisão da superfície da caixa. A segunda proposta foi a divisão ao meio (Figura 7b), mas logo foi descartada com a observação de que “só dois temperos não seriam úteis”. Assim, outra proposta foi realizada: a divisão em três partes (Figura 7c). A experimentação prática e a avaliação coletiva revelaram competências como flexibilidade cognitiva, pensamento crítico e raciocínio espacial, essenciais à área Engenharia.

Raul: Acho que assim fica melhor.
 Laís: É, mas assim não dá para plantar tudo.
 Sara: Mas daí é só tirar uma coisa. Escolhemos só três para plantar. O que for mais útil para a cozinha.
 Raquel: O que então?
 Sara: Sei lá, dá para perguntar.
 Manoela: Vou lá na cozinha.
 Elena: Se dividir assim, cada lugar não vai ter o mesmo espaço. O meio é maior.
 Raul: Podemos colocar no meio algo que precisa de mais espaço para se desenvolver.
 Manoela: Gente, as tias falaram que preferem a salsa, a cebolinha e o manjeriço, porque essas coisas elas não têm.
 Raul: Então a cebolinha fica no meio e a salsa e o manjeriço dos lados.
 Professora: E vocês preferem sementes ou mudas para o plantio?
 Manoela: Mudas, para ser mais rápido.

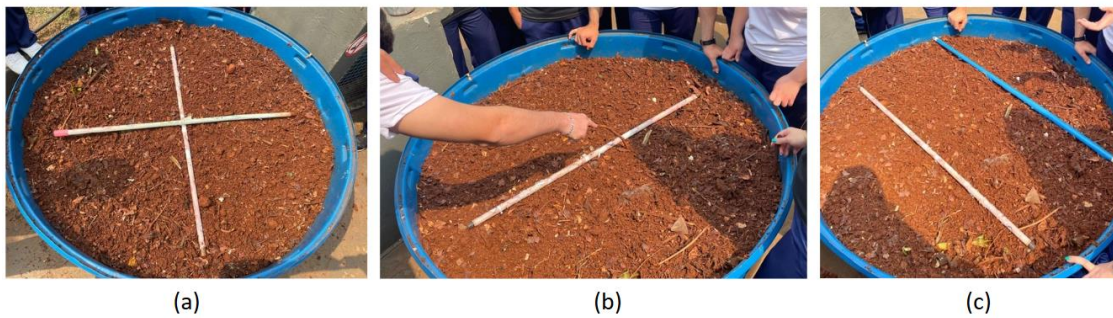


Figura 7. Simulações de divisão da caixa d'água para o plantio

A princípio, os estudantes planejaram utilizar mudas, porém, no dia da realização do plantio, não foram encontradas mudas de cebolinha e manjericão. Como alternativa, optaram por plantar essas espécies utilizando sementes (Figura 8c). Foram produzidas placas de identificação para cada espécie plantada (Figura 8d). O momento mobilizou criatividade e senso estético, aspectos da área Artes.

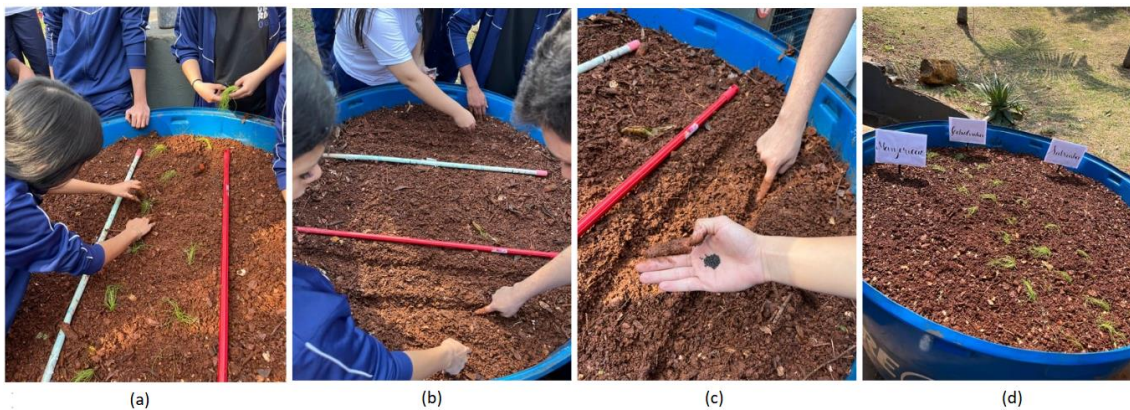


Figura 8. Alunos realizando o plantio

Nos meses de setembro e outubro, os alunos e a professora acompanharam o desenvolvimento das plantas. A irrigação foi realizada manualmente com o uso de baldes, o que rapidamente despertou discussões sobre a viabilidade desse método, as dificuldades envolvidas e o desperdício de água. Com isso, os alunos passaram a levantar hipóteses sobre melhorias no sistema de irrigação, antecipando a próxima etapa da atividade.

Terceira etapa da atividade

A terceira e última etapa da atividade, desenvolvida em oito aulas de 50 minutos entre 28 de outubro e 18 de novembro, foi marcada pela transição da irrigação manual para a construção de um sistema automatizado. A análise crítica do processo anterior revelou a capacidade de identificação de problemas reais, aspecto da área Engenharia.

Com a mediação da professora, foi proposta a construção de um sistema de irrigação automatizado utilizando materiais acessíveis. O planejamento envolveu pesquisa, desenho

de esquemas, levantamento de materiais e definição das etapas de montagem. Além disso, alguns alunos compartilharam suas experiências pessoais com sistemas de irrigação.

A Figura 9 apresenta os registros dos esquemas dos possíveis meios de irrigação elaborados pelos alunos, considerando a distribuição uniforme da água e a frequência adequada para cada tipo de planta, entre eles, sistemas de gotejamento, regadores manuais e a utilização de sensores de umidade do solo, integrando as áreas Ciência, Tecnologia e Engenharia ao mobilizar raciocínio lógico, habilidades computacionais e conhecimentos sobre biologia.

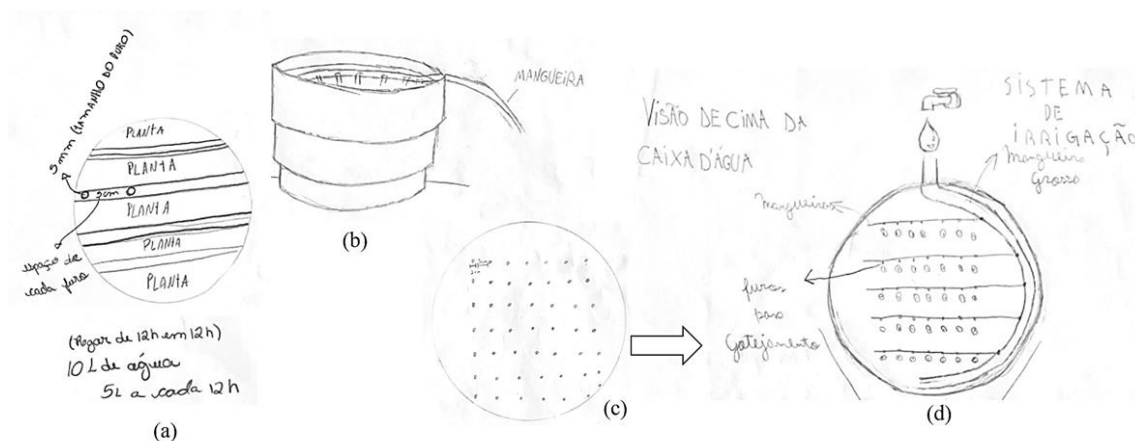


Figura 9. Esquemas para o sistema de irrigação

Nas aulas onde foram discutidas as necessidades de criar alguma forma de irrigação para a caixa d'água, um aluno descreveu:

- Raul: Lá em casa a gente já usa isso de irrigar. E não é difícil de fazer. A gente só precisa de uma mangueira, de uma torneira e de um aspersor.
- Professora: Você acha que seria possível fazer algo semelhante ali na caixa?
- Raul: Dá sim, a gente só precisa comprar as coisas e preciso de ajuda para montar.

A partir disso, os alunos trabalharam mais efetivamente com sensores de umidade do solo, componentes eletrônicos e programação de microcontroladores, articulando conhecimentos desenvolvidos nas trilhas de Robótica e Programação. Os grupos sugeriram diferentes formas de aplicação dos componentes eletrônicos e realizaram simulações de como poderia ser estruturado o sistema de irrigação (Figura 10). A etapa evidenciou uma articulação entre as áreas de Tecnologia e Engenharia, com elementos da Ciência.

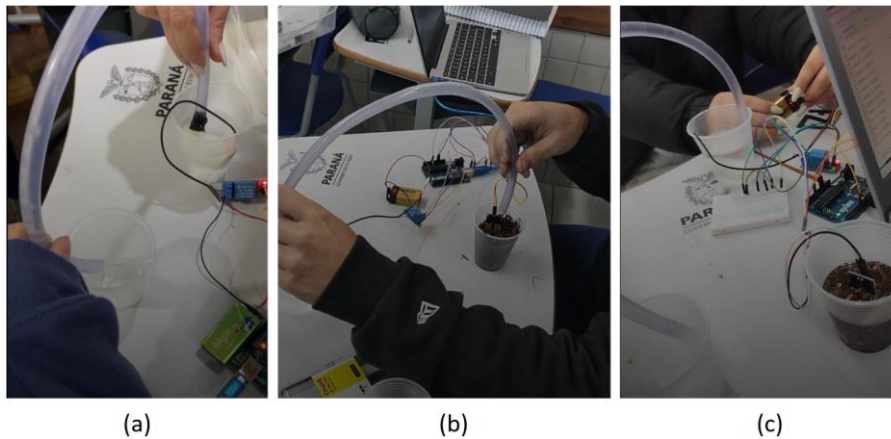


Figura 10. Alunos realizando testes para o sistema de irrigação automática

Contudo, a aplicação direta desse sistema no projeto real revelou-se inviável, pois a escola não autorizou a instalação de equipamentos eletrônicos em ambiente externo. Diante disso, os alunos adaptaram o projeto, optando por desenvolver uma solução sugerida por Raul (Figura 11): a criação de um sistema mecânico utilizando materiais acessíveis. A adaptação do projeto diante de obstáculos reais revelou aspectos da área Engenharia.

Raul: Pensamos em um irrigador que iria ficar no centro da caixa d'água, e por meio de uma pressão gerada ele faria com que saísse apenas a quantidade necessária de água por um determinado tempo para regar todas as plantas de maneira econômica e eficaz.



Figura 11. Sistema de irrigação criado pelos alunos

Após a instalação do sistema de irrigação criado, os grupos passaram a realizar simulações e comparações entre os dois sistemas. Para isso, coletaram dados do consumo diário de água, estimaram o tempo de rega em cada método e buscaram informações sobre o custo do metro cúbico de água (R\$ 6,45 – seis reais e quarenta e cinco centavos), cobrados pela empresa de Estação de Tratamento da Água do Estado do Paraná – a Sanepar –, no dia 04 de novembro de 2024, conforme Figura 12.

$\text{Custo m}^3 \text{ da água} = \text{R\$ } 6,45$
 $15 \text{ litros} \times 20 \text{ dias} = 300 \text{ litros}$
 $300 \text{ litros} = 0,3 \text{ m}^3$
 $6,45 \times 0,3 = \text{R\$ } 1,99 \text{ mensal}$
 $\text{R\$ } 1,99 \times 12 = \text{R\$ } 23,88 \text{ anual}$

A informação do preço da água foi retirada do Google.

Figura 12. Registro do cálculo do custo anual de água com base no consumo mensal estimado

Com base nesses dados, os alunos construíram uma tabela comparativa para analisar e evidenciar os benefícios do sistema de irrigação criado, conforme Tabela 3.

Tabela 3. Comparativo entre a irrigação manual e o irrigador automatizado criado pelos alunos

	Irrigação Manual	Irrigador Criado
Tempo necessário para irrigação eficiente	10 minutos	6 minutos
Vezes necessárias para regar	1 vez ao dia	1 vez ao dia
Litros de água gastos por dia	20L	15L
Gastos por mês	R\$ 2,66	R\$ 1,99

A análise revelou que o sistema de irrigação criado era mais eficiente em termos de economia de água e de tempo. A irrigação automatizada reduziu o desperdício, garantiu uniformidade e favoreceu um controle do processo, resultando em melhores condições para o desenvolvimento das plantas. O uso de cálculos e conceitos matemáticos para embasar a comparação mostrou competências da área Matemática. Além disso, as discussões que emergiram a partir da comparação evidenciaram aspectos da área Ciência. Alguns grupos propuseram, como possibilidade futura, o uso de energia solar para alimentar o sistema automatizado, enquanto outros debateram o reaproveitamento da água da chuva.

Ao final da atividade, os alunos foram convidados a refletir sobre a experiência vivenciada. Os relatos revelaram o envolvimento com o projeto, entusiasmo em ver suas ideias concretizadas e a percepção da importância da colaboração para a resolução de problemas reais, como mostram os excertos a seguir:

- Kaio: Foi uma experiência muito boa, diferente, um jeito de aprender matemática. Trouxe um modo abrangente de escutar as ideias e colocá-las em prática.
- Luan: Foi uma atividade que proporcionou trabalho em equipe e trabalhar em áreas nas quais eu não havia feito um projeto.
- Elena: Minha experiência realizando a atividade foi muito interessante, pois resolvemos problemas que pareciam ser difíceis, além de poder aprender com a atividade.

Diana: Foi uma ótima experiência. Foi um tema novo, que gerou aprendizados que podemos levar para a vida pessoal, fora da área escolar.

Discussão e resultados

A análise da atividade de modelagem matemática integrada à Educação STE(A)M desenvolvida no contexto de um Itinerário Formativo do Novo Ensino Médio brasileiro permitiu o estabelecimento de “conexões entre as disciplinas como forma a ajudar os alunos a construir conhecimento de forma consistente e significativa” (Baioa & Carreira, 2019, p. 11). De antemão, o planejamento da atividade pela professora já buscou estabelecer articulação entre as diferentes áreas STE(A)M de modo que aspectos presentes nas ações dos alunos pudessem ser evidenciados.

O desenvolvimento da atividade ocorreu de modo transversal às três disciplinas (trilhas de aprendizagem) – Robótica, Programação e Resolução de Problemas – ministradas pela mesma professora, em que os alunos transitaram entre as aulas, sem fazer distinção entre elas. Os conteúdos abarcados emergiram naturalmente da necessidade de resolver o problema cuja temática era de interesse dos alunos, filhos de produtores rurais, em sua maioria.

A articulação entre as disciplinas, em certa medida, mostrou que os aspectos das áreas da Educação STE(A)M se manifestaram à medida que as etapas para a resolução do problema eram encaminhadas desde a investigação da divisão da superfície da caixa d’água para planejar uma plantação até, de fato, o seu plantio e cuidados no manejo dos vegetais. O que asseveramos foi que o cultivo na caixa d’água se configurou como um aparato, “uma adaptação da realidade sob condições controladas, uma busca pela semelhança com a realidade” (Carreira & Baioa, 2018, p. 203), que pode subsidiar, no futuro, ações para resolver problemas relativos a uma possível carreira profissional que exija tais manejos em um contexto real (Brady et al., 2015).

No que se refere à área Ciência, aspectos relativos à compreensão de características dos vegetais a serem cultivados, as necessidades de manejo do solo, umidade e luz, além de considerações sobre o crescimento e a viabilidade do plantio em diferentes condições se configuraram como desafio para os alunos, que necessitaram fazer articulações com a Matemática para que cálculos e projeções de esquemas fossem mobilizados. Esse movimento investigativo alinhou-se com o que apontam Rosa e Orey (2021), ao afirmarem que a Educação STE(A)M permite que os alunos desenvolvam habilidades para tomar decisões baseadas em evidências subsidiadas na realidade. De fato, a organização do plantio com a divisão da superfície da caixa em três partes, bem como a distribuição equidistantes das sementes mobilizaram aspectos da Matemática e da Ciência com a previsão do bom crescimento das plantas.

Os aspectos relacionados à área Tecnologia permearam todo o desenvolvimento da atividade integrada à Educação STEAM, desde quando os alunos recorreram à internet para

buscar informações, até as simulações com sensores de umidade, o uso de componentes eletrônicos e a programação de microcontroladores, favorecendo o letramento digital e a prática de conhecimentos técnicos. Com isso, os aspectos desta área atuaram como parceiros, que possibilitaram promover discussão entre os alunos, “como meio para gerar ideias, proporcionar ações e conduzir à utilização de ferramentas” (Almeida et al., 2021, p. 143).

A área Engenharia emergiu nas discussões sobre o uso do espaço, nas simulações de divisão da caixa d’água, na criação do sistema de irrigação e na adaptação diante de problemas vivenciados durante a atividade, em que os alunos organizaram esquemas, por meio de projetos, que foram discutidos entre eles para que uma escolha fosse feita, visto que somente uma caixa d’água estava disponível. A tomada de decisões baseada em restrições, tanto materiais quanto operacionais, foi manifestada por aspectos dessa área que “capitalizaram e ampliaram o aprendizado rotineiro dos alunos” (English & Mousoulides, 2015, p. 532).

Os esquemas elaborados nos projetos dos alunos, de certo modo, mobilizaram aspectos da área Artes, além dos registros visuais, da organização de placas de identificação e da estética do plantio. A troca de ideias para chegar a um consenso na escolha da divisão e distribuição das sementes permitiu o estabelecimento do respeito mútuo, bem como “a aprendizagem cooperativa, a discussão e a pesquisa” (Baioa & Carreira, 2019, p. 11), ações necessárias para o bom convívio.

Em se tratando de disciplinas do contexto da Matemática, aspectos vinculados a essa área estiveram no centro da atividade, servindo como linguagem operativa para a resolução do problema. Cálculos de área, proporções, medidas, estimativas de consumo e análise comparativa de dados fizeram parte do percurso formativo, em uma experiência que trouxe um novo olhar aos conteúdos escolares, ou seja, foram propulsores para que os alunos, em momento futuro, “reconceitualizem as ferramentas que aprenderam no ensino escolar tradicional para aplicá-las de forma flexível e criativa” (Brady et al., 2015, p. 7).

Além da mobilização de aspectos específicos de cada área, a atividade favoreceu o desenvolvimento de competências transversais da Educação STE(A)M, como autonomia, colaboração, pensamento crítico, responsabilidade social e tomada de decisão. Essas competências, destacadas por English (2017), são importantes para que a abordagem STE(A)M transcenda a integração de conteúdos e atue na formação integral. Além disso, a atividade de modelagem matemática integrada à Educação STE(A)M foi um mote para os alunos conclamar o “conhecimento da situação (mesmo não sendo especialistas em tal conhecimento) para chegar a resultados considerados razoáveis” (Carreira & Baioa, 2018, p. 213).

A Tabela 4 sintetiza os aspectos das áreas da Educação STE(A)M mobilizados ao longo das três etapas da atividade. A sistematização apresentada mostrou que a Educação STE(A)M, quando integrada à Modelagem Matemática, promoveu a mobilização de aspectos das diferentes áreas de maneira integrada e contextualizada. Tais aspectos emergiram da

intencionalidade pedagógica, da mediação docente e da atuação dos alunos diante de um problema. Ao permitir que os alunos experimentassem, colaborassem, testassem hipóteses, programassem, plantassem, calculassem, observassem e criassem, a proposta rompeu com a lógica fragmentada dos conhecimentos e apontou caminhos para uma formação integral, mais crítica, autoral e engajada com o mundo.

Tabela 4. Aspectos STE(A)M mobilizados na atividade de modelagem matemática

Área STE(A)M	Aspectos mobilizados	Etapas da atividade
Ciência	Identificação de características biológicas das plantas; Compreensão de fatores ambientais (luz, umidade, temperatura); Análise dos impactos do sistema de irrigação; Discussões sobre sustentabilidade e reaproveitamento da água. Uso de computadores e celulares para pesquisa;	Etapa 1: Levantamento de informações para o plantio e observação da caixa d'água; Etapa 2: Adaptação do planejamento com base em características do solo e das espécies; Etapa 3: Discussões sobre uso de energia solar e impacto ambiental.
Tecnologia	Uso de softwares para apresentações; Manipulação do sensor de umidade do solo; Simulações de funcionamento do sistema de irrigação; Programação de microcontroladores;	Etapa 1: Pesquisas iniciais sobre tipos de plantas e condições de cultivo; Etapa 2: Apresentações em slides e registros digitais; Etapa 3: Programação dos sensores e simulações do sistema automatizado.
Engenharia	Planejamento e divisão do espaço físico da caixa d'água; Construção de esquemas de irrigação; Adaptação do sistema de irrigação diante de limitações reais; Construção do sistema de irrigação.	Etapa 1: Medição da área e distribuição do plantio com base em cálculos geométricos; Etapa 2: Construção e organização da área de plantio; Etapa 3: Construção e adaptação do sistema de irrigação eficiente.
Artes	Elaboração de representações visuais (diagramas de plantio); Criação de placas informativas; Estética na organização da horta; Uso de linguagem visual para apresentar ideias.	Etapa 1: Diagramas dos setores de plantio desenhados pelos grupos; Etapa 2: Criação das placas de identificação e organização estética da horta; Etapa 3: Representações visuais do sistema criado.
Matemática	Cálculo da área da superfície da caixa d'água; Uso de fórmulas; Estimativas de espaço, quantidade de mudas e proporções; Análise de consumo de água e custos; Construção de tabelas comparativas.	Etapa 1: Cálculo da área da caixa e estimativas para distribuição do plantio; Etapa 2: Reorganização proporcional da área de plantio; Etapa 3: Comparação entre irrigação manual e automatizada com base em dados.

Considerações finais

Este artigo teve como objetivo analisar que aspectos das áreas da Educação STE(A)M se manifestam em uma atividade de modelagem matemática desenvolvida de forma transversal a três trilhas de aprendizagem de um Itinerário Formativo do Novo Ensino

Médio brasileiro. A atividade, centrada na reutilização de uma caixa d'água para fins de agricultura urbana, proporcionou o contato com um problema real, permitindo que diferentes aspectos fossem mobilizados.

Durante a atividade, evidenciamos a articulação das cinco áreas STE(A)M que, de certo modo, se deveu à especificidade da temática, do planejamento da professora e das ações realizadas. A área Ciência emergiu durante as investigações sobre o cultivo e as necessidades das plantas; a Tecnologia e a Engenharia se evidenciaram nas soluções criadas para a irrigação automatizada; a Matemática atuou como linguagem de análise e representação; e a Arte se fez presente nas formas criativas de organização e comunicação dos projetos, bem como na tomada de decisão com relação às escolhas que os alunos fizeram. Para além dos conteúdos disciplinares, a atividade favoreceu o desenvolvimento de competências como a colaboração, a autonomia, a criatividade e a capacidade de tomar decisões com base em evidências.

Ao integrar a modelagem matemática à Educação STE(A)M, a prática permitiu um novo olhar sobre o papel da Matemática, ampliando sua função para além do domínio técnico e aproximando-a de questões sociais, ambientais e culturais, requisitos primordiais para uma formação humana e que esteja atenta para as necessidades da contemporaneidade.

Os resultados obtidos reforçaram a relevância de propostas curriculares que promovam experiências investigativas, criativas e colaborativas, especialmente no contexto da escola pública brasileira. Apesar dos desafios estruturais e institucionais ainda presentes, o estudo evidenciou que a inserção da Educação STE(A)M é possível e desejável quando a realidade dos estudantes é considerada como ponto de partida no processo educativo.

Como desdobramento, recomendamos que futuras pesquisas explorem novas estratégias de integração entre STE(A)M e modelagem matemática em diferentes contextos escolares e etapas da educação básica, contribuindo para as discussões sobre a formação docente e o desenvolvimento de práticas pedagógicas relevantes.

Referências

- Almeida, L. M. W. (2022). A modelagem matemática como abordagem didático-pedagógica. *VIDYA*, 42(2), 121–145. <https://doi.org/10.37781/vidya.v42i2.4236>
- Almeida, L. M. W., Silva, K. A. P., & Borssoi, A. H. (2021). Um estudo sobre o potencial da experimentação em atividades de modelagem matemática no ensino superior. *Quadrante*, 30(2), 123–146. <https://doi.org/10.48489/quadrante.23605>
- Almeida, L. W., Silva, K. P., & Vertuan, R. E. (2012). *Modelagem Matemática na Educação Básica*. Contexto.
- Araújo, J. L., & Mirson, B. P. M. (2024). Origin and development of the notion of mathematical modelling competency/competencies. In H. S. Siller, V. Geiger, & G. Kaiser (Eds.), *Researching mathematical modelling education in disruptive times* (pp. 505–514). Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-53322-8>
- Baioa, A., & Carreira, S. (2019). STEAM learning through mathematical modelling: Engaging students in hands-on experiences and interdisciplinary tasks. In G. Stillman & J. Brown (Eds.),

- Mathematical Modelling Education and Sense-making* (pp. 233–242). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-14931-4_20
- Barbosa, J. C. (2001). *Modelagem matemática: Concepções e experiências de futuros professores* (Tese de doutorado). Universidade Estadual Paulista, Instituto de Geociências e Ciências Exatas.
- Bogdan, R. C., & Biklen, S. K. (1982). *Qualitative research for education: An introduction to theory and methods*. Allyn & Bacon.
- Brady, C., Eames, C. L., & Lesh, D. (2015). Connecting real-world and in-school problem-solving experiences. *Quadrante*, 24(2), 5–38. <https://doi.org/10.48489/quadrante.22924>
- Brasil. (2018). *Base Nacional Comum Curricular*. Ministério da Educação. <http://basenacionalcomum.mec.gov.br>
- Burak, D. (2019). A modelagem matemática na perspectiva da educação matemática: Olhares múltiplos e complexos. *Educação Matemática Sem Fronteiras: Pesquisas em Educação Matemática*, 1(1), 96–111.
- Carreira, S., & Baioa, A. M. (2018). Mathematical modelling with hands-on experimental tasks: On the students' sense of credibility. *ZDM – Mathematics Education*, 50(1–2), 201–215. <https://doi.org/10.1007/s11858-017-0905-1>
- Diego-Mantecon, J. M., Prodromou, T., Lavicza, Z., Blanco, T. F., & Ortiz-Laso, Z. (2021). An attempt to evaluate STEAM project-based instruction from a school mathematics perspective. *ZDM Mathematics Education*, 53(5), 1137–1148. <https://doi.org/10.1007/s11858-021-01303-9>
- English, L. D. (2017). Advancing elementary and middle school STEM education. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 15(1), 5–24. <https://doi.org/10.1007/s10763-017-9802-x>
- English, L. D., & Mousoulides, N. G. (2015). Bridging STEM in a Real-World Problem. *Mathematics Teaching in the Middle School*, 20(9), 532–539. <https://doi.org/10.5951/mathteacmidscho.20.9.0532>
- Goos, M., & Carreira, S. (2025). Conceptualising the relationship between mathematical modelling and interdisciplinary STEM education. In T. Ikeda, A. Saeki, V. Geiger, & G. Kaiser (Eds.), *International horizons in mathematics modelling education* (International perspectives on the teaching and learning of mathematical modelling). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-031-53533-8_2
- Goos, M., Carreira, S., & Namukasa, I. K. (2023). Mathematics and interdisciplinary STEM education: Recent developments and future directions. *ZDM – Mathematics Education*, 55, 1199–1217. <https://doi.org/10.1007/s11858-023-01533-z>
- Hallström, J., & Schönborn, K. J. (2019). Models and modelling for authentic STEM education: Reinforcing the argument. *International Journal of STEM Education*, 6, Article 22. <https://doi.org/10.1186/s40594-019-0178-2>
- Maiorca, C., Martin, J., Burton, M., Roberts, T., & Tripp, L. O. (2023). Model-Eliciting Activities: Pre-Service Teachers' Perceptions of Integrated STEM. *Education Sciences*, 13(12), 1247. <https://doi.org/10.3390/educsci13121247>
- Pessoa, T. C., & Silva, K. A. P. (2023). Recursos Semióticos em uma Atividade de Modelagem Matemática Integrada à Educação STEAM. *Perspectivas da Educação Matemática*, 16(43), 1–21. <https://doi.org/10.46312/pem.v16i43.18111>
- Pugliese, A. S. (2020). Educação STEM e os documentos curriculares da educação básica brasileira: Aproximações e desafios. *Revista Brasileira de Estudos Pedagógicos*, 101(259), 203–220. <https://doi.org/10.24109/2176-6681.rbep.101i259.4427>
- Rosa, M., & Orey, D. C. (2021). An Ethnomathematical Perspective of STEM Education in a Globalized World. *Bolema*, 35(70), 840–876. <https://doi.org/10.1590/1980-4415v35n70a14>
- Silva, K. A. P., Borssoi, A. H., & Ferruzzi, E. C. (2022). Integration of STEM Education in Differential and Integral Calculus classes: Aspects Evidenced in a Mathematical Modelling Activity. *Revista Acta Scientiae*, 24, 116–145. <https://doi.org/10.17648/acta.scientiae.7114>