

Robótica educacional de baixo custo no ensino de matemática: uma abordagem interdisciplinar

MARCELO DE OLIVEIRA VILAÇA¹

MARLI REGINA DOS SANTOS²

Resumo

Este artigo baseia-se na dissertação de mestrado do primeiro autor, a qual aborda a robótica educacional de baixo custo (RBC) no Ensino Médio, com foco na integração de saberes e inclusão tecnológica. A pesquisa realizada envolveu atividades visando a construção de artefatos com características de um girassol, mobilizando conhecimentos e habilidades diversas. Foram identificadas três categorias principais de análise: Aspectos interdisciplinares da proposta com a RBC; Relação entre RBC e o Pensamento Computacional; e Disciplinas e conhecimentos mobilizados. A discussão dessas categorias explicitou a possibilidade de integração de saberes e a inclusão educacional. Conclui-se que a RBC oferece possibilidades significativas para o trabalho mais integrado junto aos alunos do Ensino Médio, o que requer mudanças, investimentos e formação adequada, visando uma real inclusão digital.

Palavras-chave: robótica educativa, baixo custo, ensino médio, interdisciplinaridade.

Abstract

This article is based on the master's thesis of the first author, which addresses low-cost educational robotics (LCR) in high school, focusing on the integration of knowledge and technological inclusion. The research involved activities aimed at building an artifact with characteristics of a sunflower, mobilizing various knowledge and skills. Three main categories of analysis were identified: Interdisciplinary aspects of the proposal with LCR; Relationship between LCR and Computational Thinking; and Disciplines and knowledge mobilized. The discussion of these categories highlighted the possibility of integrating knowledge and educational inclusion. It is concluded that LCR offers significant possibilities for more integrated work with high school students, which requires changes, investments, and adequate training, aiming for real digital inclusion.

Keywords: educational robotics, low cost, high school, interdisciplinary, technological.

Introdução

A robótica educacional vem ganhando espaço no ambiente escolar, como uma ferramenta que estimula o ensino e a aprendizagem, podendo desenvolver habilidades

¹ Universidade Federal de Ouro Preto, PPG em Educação Matemática - email: marcelo.vilaca@aluno.ufop.edu.br

² Universidade Federal de Ouro Preto. PPG em Educação Matemática – e-mail: marli.santos@ufop.edu.br.

importantes, como o pensamento crítico e a resolução de problemas (ALIMISIS, 2013). Por meio da criação de mecanismos robóticos, e mediados pelo professor, os alunos podem se envolver na discussão de caminhos para que essa criação aconteça e, nesse processo, aprender diferentes conceitos e noções importantes às disciplinas. Diversos estudos têm investigado a robótica educacional (LUCIANO, 2014; FABRI JUNIOR, 2014; LIMA, 2016, QUEIROZ, 2017; SILVA, 2018), indicando possibilidade de um trabalho no qual os saberes se integrem na solução de problemas propostos.

No entanto, o acesso à robótica ainda é restrito, sobretudo em escolas públicas ou periféricas. Diante dessa realidade, a robótica educacional de baixo custo (RBC) emerge como uma possibilidade para superar esse desafio e promover uma inclusão digital em nossa sociedade. Segundo Junior et al. (2013), para se enquadrar na RBC, um kit de robótica deve possuir quatro características principais: baixo custo, apelo, simplicidade e código aberto. Essas características indicam que o kit pode ser acessível para as escolas, atraente para os professores e estudantes, fácil de montar, operar e manter. Ela está diretamente relacionada com a utilização de materiais e de tecnologias de baixo custo para a criação de projetos robóticos, visando promover a inclusão digital e a democratização do conhecimento. Um caminho para se implementar a RBC nas escolas pode se dar por meio do Arduino, uma plataforma voltada para o ensino e que tem um custo relativamente mais baixo quando comparado a outros kits, como o Lego. Além disso, o uso de materiais recicláveis e de recursos renováveis direciona a RBC para reflexões mais amplas quanto às ações sustentáveis e preocupações sociais coletivas.

A RBC surge, assim, como um caminho potencial para se proporcionar uma educação tecnológica mais igualitária e acessível, que pode permitir a um número maior de jovens a oportunidade de explorar, descobrir e criar no universo da robótica, estimulando o aprendizado em diversas áreas, desenvolvendo habilidades e competências junto aos alunos, por meio de um investimento viável, particularmente às escolas públicas brasileiras, e adentrando por uma postura mais crítica e colaborativa diante dos recursos que se tem.

Visando compreender possibilidades da robótica educacional de baixo custo no ensino e aprendizagem com foco no ensino de matemática na perspectiva interdisciplinar a que ela remete, a pesquisa aqui relatada teve como questão norteadora *Quais as possibilidades de uma proposta com a robótica educacional de baixo custo, em uma*

perspectiva interdisciplinar, para o ensino e aprendizagem de alunos do Ensino Médio?

A fim de buscar respostas para essa indagação, conduzimos uma pesquisa qualitativa de natureza fenomenológica, envolvendo alunos do segundo ano do Ensino Médio de uma escola estadual de tempo integral, propondo sete atividades que incluíram o uso concreto do simulador Arduino e do próprio Arduino, visando engajar os alunos no aprendizado dos comandos, na utilização dos recursos, e na realização de tarefas e desafios que mobilizaram diferentes saberes, visando, ao final, a criação de um artefato com características de um girassol.

Neste artigo, apresentamos uma breve discussão acerca da robótica educacional e a interdisciplinaridade, temas centrais da pesquisa realizada; na sequência, descrevemos a metodologia empregada; discutimos os resultados obtidos à luz da literatura; e expomos compreensões mais amplas quanto às possibilidades da RBC no âmbito da Educação Matemática.

Interdisciplinaridade e Robótica Educacional

A promoção da interdisciplinaridade, como um princípio metodológico para o trabalho pedagógico, é um dos pontos-chave indicados por documentos oficiais do ensino, como a Base Nacional Comum Curricular - BNCC (BRASIL, 2018). No contexto da matemática, por exemplo, a BNCC incentiva a abordagem articulada de conceitos básicos de economia e finanças, visando a articulação dos conhecimentos e contextualização dos conceitos aprendidos pelos estudantes.

A interdisciplinaridade, conforme Fazenda (2010) e Japiassú (1994), visa promover a integração de perspectivas de várias áreas na solução de problemas complexos, proporcionando uma visão mais abrangente e completa para um problema. Na direção desse entendimento, estudos envolvendo a robótica indicam que ela pode levar o estudante a pensar sobre uma situação e agir traçando estratégias, formulando hipóteses, buscando soluções que, muitas vezes, solicitam a mobilização de diferentes habilidades ou conhecimentos, solicitando a integração de conceitos e saberes diversos (Gesser, 2022).

Propostas de ensino envolvendo a robótica podem alavancar projetos e discussões com vista às conexões entre os conteúdos, indicando que ela possui caráter

multidisciplinar, podendo avançar para a interdisciplinaridade. Peralta e Guimarães (2018), ao analisarem a robótica como constituinte de uma prática pedagógica interdisciplinar alternativa ao ensino tradicional de conteúdos curriculares, verificam, no relato de professores, o potencial metodológico que ela apresenta para fazer conexões entre as áreas disciplinares ao promover “a comunicação entre o corpo docente, pois requer a mobilização de conhecimento das diversas áreas disciplinares” (PERALTA; GUIMARÃES, 2018, p. 43).

O precursor da discussão sobre a robótica ou sobre a criação de artefatos robóticos com fins na aprendizagem dos alunos foi Seymour Papert (1993) que adentra pela perspectiva interdisciplinar ao conceber a "Cibernética para crianças" como uma “nova” disciplina escolar visando a interação humana, a criatividade e a conexão com o conhecimento. Papert (1993), defendia que o aprendiz aprende melhor quando está engajado na construção de algo significativo para ele e seus pares.

A Robótica Educacional pode incentivar os alunos a aplicar uma variedade de habilidades e conceitos de várias disciplinas, estimulando a criatividade e o pensamento crítico (NASCIMENTO, 2013) e a colaboração. Podemos destacar aqui um aspecto particular que relaciona a robótica e o desenvolvimento do Pensamento Computacional, já que os alunos precisam interpretar e resolver os problemas de maneira lógica. Tal habilidade, conforme Wing (2006), diz de um modo específico do pensar humano que não pertence apenas ao âmbito da computação ou às tecnologias em si, mas adentra por muitos outros domínios, sendo uma importante competência humana na atualidade (WING, 2006, p. 35). O Pensamento Computacional, conforme Brackmann (2017), envolve uma variedade de competências como abstração, decomposição de problemas e reconhecimento de padrões. Ao montar e programar um robô, os alunos são levados a quebrar o problema em partes menores - uma prática conhecida como decomposição. Eles têm que pensar de forma lógica e sequencial para garantir que as instruções que estão dando ao robô o levarão a executar as tarefas desejadas. Isso requer uma compreensão do algoritmo - uma série de etapas a serem executadas para resolver um problema ou alcançar um objetivo específico. A abstração também é uma habilidade essencial, pois os alunos precisam identificar e focar nas informações relevantes e descartar as irrelevantes para a tarefa em questão. É importante enfatizar que a mera exposição a computadores em sala de aula implica no desenvolvimento do Pensamento Computacional, pois este demanda um trabalho pedagógico voltado à tais habilidades e mediado pelo professor.

A BNCC (Brasil, 2018), de forma sucinta, indica o vínculo entre Pensamento Computacional e pensamento algébrico no desenvolvimento de habilidades da computação e da matemática, permitindo a integração de ambos na aprendizagem dos conceitos envolvidos.

Trabalhos com robótica no ensino podem indicar possibilidades para o desenvolvimento do Pensamento Computacional, dentre outras competências importantes para a busca de soluções para problemas nas quais os alunos devem agir mobilizando diferentes saberes. Assim, a robótica pode também possibilitar uma experiência interdisciplinar junto a distintas disciplinas, ao promover a demanda de diferentes conhecimentos e de sua aplicação. Ao se envolverem na busca de soluções junto à robótica, os alunos estão se preparando não só para um mundo cada vez mais digital, mas também para uma variedade de carreiras em diferentes campos.

Um aspecto importante quando consideramos o trabalho com tecnologias em sala de aula refere-se aos espaços e recursos disponíveis: é comum não haver um laboratório de informática adequadamente equipado em muitas escolas brasileiras. Neste sentido, as atividades "desplugadas", ou seja, realizadas sem o uso de computadores, surgem como uma alternativa viável e eficaz para que ele ocorra (BRACKMANN, 2017). Estas atividades podem introduzir conceitos de hardware e software de uma maneira palpável e interativa e o desenvolvimento do Pensamento Computacional, por meio de movimentos corporais, desenhos, quebra-cabeças, entre outros.

Ainda nesse sentido, quando pensamos nas escolas de Educação Básica, a robótica, em geral, é vista como algo caro e inacessível para a maioria delas, em especial as públicas com seus orçamentos limitados. Os kits comerciais de robótica voltados para a sala de aula quase sempre são onerosos, quando consideramos a necessidade de se adquirir equipamentos para uma turma toda. Isso leva à uma quase ausência de ações e discussões quanto às possibilidades da robótica, em particular no ensino público. Uma possibilidade de superar essa limitação pode se dar por meio da RBC, com recursos e dispositivos robóticos mais acessíveis para a inclusão da robótica nas salas de aula. Alinhados à RBC, destacam-se conceitos que enfatizam a utilização de plataformas abertas, tecnologias não comerciais, além do reaproveitamento de materiais e sucatas para elaboração de projetos ou resolução de problemas.

Direcionando para a pesquisa realizada, em uma visão prática, a robótica
Rev. Prod. Disc. Educ. Matem., São Paulo, v.12, n.2, pp. 17-33, 2023

educacional pode unificar diferentes campos do conhecimento em uma experiência de aprendizagem concreta. Por exemplo, quando os alunos trabalham em um projeto de robótica, não só estão aplicando conceitos matemáticos e físicos ao programar o movimento do robô, mas também estão trabalhando suas habilidades artísticas e criativas ao projetar sua aparência externa. Assim, um projeto de robótica pode se estender para além das disciplinas tradicionalmente consideradas "científicas" e abranger todas aquelas da grade curricular, como história, geografia, idiomas e até mesmo ética e filosofia, dependendo do tema e dos objetivos definidos. Para isso, a robótica educacional não deve ser entendida como um fim em si mesma nem como uma "nova disciplina" do currículo, mas como um conhecimento que perpassa os demais, articulando-se a eles, e que é apresentada aos alunos ao colocá-los como protagonistas das ações. Como alertado por Fernandes et al. (2008), o foco deve ser no desenvolvimento da atividade evitando-se o risco de supervalorizar a metodologia em detrimento da aprendizagem efetiva. Considerando o cenário brasileiro, e em uma postura crítica diante do tema, a RBC é focada na pesquisa apresentada neste texto, cuja metodologia e resultados apresentamos a seguir.

Procedimentos e Metodologia de Pesquisa

Fini (1994, p.27) explica que uma investigação sempre se inicia com uma interrogação. Neste processo, uma questão ou uma sensação de desconforto surge no pesquisador, gerando uma 'tensão' que alimenta a busca pela essência de um fenômeno. Neste caso, a insatisfação que se deu em meio à percepção de que muitos alunos carentes não têm acesso às tecnologias, em especial a robótica, e a compreensão da importância de se combater a exclusão digital, com vistas a uma sociedade mais igualitária, permearam o embrião da pesquisa realizada. Passado o desconforto, ações próximas da prática do pesquisador levaram à proposição de uma investigação onde a RBC sustentaria as ações junto aos alunos. Ao adentrar pela RBC, a pesquisa buscou compreender suas possibilidades para o ensino e aprendizagem em uma perspectiva interdisciplinar, em consonância com uma postura que visa promover a inclusão digital e a democratização do conhecimento articulados.

Considerando as possibilidades de se desenvolver um trabalho com a RBC junto a alunos de uma escola pública estadual, nos voltamos para as possibilidades de ensino e aprendizagem, em uma perspectiva interdisciplinar, voltando-nos para as interações

humanas advindas do trabalho com a RBC. Para o estudo realizado, a metodologia de pesquisa adotada na coleta e análise de dados foi a abordagem qualitativa fenomenológica (BICUDO, 2006), objetivando uma compreensão interpretativa do fenômeno estudado.

O estudo de campo da pesquisa foi desenvolvido em uma turma do segundo ano do Ensino Médio Integral, que contou com 26 alunos matriculados, na qual o pesquisador atuava como professor. O Ensino Médio de Tempo Integral foi uma proposta adotada pela escola devido à sua ampliação nas escolas da rede pública, em consonância com a proposta Federal do Novo Ensino Médio no ano de 2022.

Para a realização do estudo de campo, o pesquisador organizou os recursos e equipamentos necessários para a implementação da pesquisa em robótica educacional de baixo custo. A aquisição desses materiais se deu através da parceria com a direção da escola, por meio de um projeto voltado à secretaria estadual e elaborado pelo pesquisador, evidenciando a relevância da robótica para uma formação mais ampla dos alunos do Ensino Médio, bem como para a promoção de sua permanência no tempo integral na escola. Os equipamentos adquiridos não se limitaram ao escopo da pesquisa, também sendo utilizados em aulas de física e práticas experimentais, e permitindo a participação de alunos do Ensino Fundamental em diferentes atividades. Além dos kits conseguidos com o projeto, outros recursos já presentes na sala de tecnologia educacional da escola, como "kits STEAM" e placas Arduino, anteriormente subutilizados devido à falta de conhecimento por parte da equipe docente, foram identificados, organizados e integrados ao projeto de robótica com os alunos do Ensino Médio. Isso permitiu não só o desenvolvimento da pesquisa, mas também a otimização do uso desses recursos em futuros projetos educacionais na escola.

A proposta de atividades realizadas com os alunos foi elaborada para guiar os alunos na construção de um "artefato orgânico", neste caso, um robô "girassol". As atividades foram planejadas em etapas, começando com a familiarização dos alunos com a criação de algoritmos e a importância de estruturar corretamente os comandos. Por meio da análise e execução de tarefas, os alunos foram estimulados a comparar resultados, refletir e propor ações. O quadro subsequente detalha as atividades realizadas durante a pesquisa, incluindo o nome, descrição e objetivo de cada uma, visando a participação dos alunos.

Quadro 1 – Atividades propostas aos alunos

Atividade	Descrição	Objetivo
Traçando o Caminho do Robô	(Atividade desplugada com material manipulativo) Atividade realizada em dupla, onde os alunos competem entre si para levar o robô até uma bateria, com o menor número de comandos.	Compreender a idéia de algoritmo na programação, estruturar passos para a resolução de um problema, compreender a lógica presente na programação.
Piscando o led (Blink)	(Atividade com o Arduino no simulador) Os alunos devem enviar comandos ao led interno do Arduino, fazendo com que ele pisque (ligue e desligue).	Utilizar uma estrutura de repetição para comandar os leds de forma intermitente e o comando delay para atribuir um atraso em milissegundos ao tempo que o led fica aceso e apagado. Trabalhar os comandos: digitalWrite(); delay();
Controlando Leds (com o Serial Monitor)	Os alunos devem programar a entrada de informações para o controle do led utilizando o Serial Monitor (por exemplo, letra “R” (red) altera o estado do LED vermelho (aceso ou apagado), a Letra “G” (green) o LED verde, a letra “Y”(yellow) o LED amarelo etc.)	Compreender o funcionamento do serial monitor e a utilização do comando “if” para controlar o estado dos leds. Conhecer o serial monitor e seu uso
Inserindo botões (chave táctil e leitura digital – ligado ou desligado)	Montar um sistema de leitura digital (0/Desligado e 1/Ligado) utilizando uma chave táctil e o Serial Monitor para monitorar o estado da chave (pressionada ou não)	Compreender o conceito de entrada de dados por meio de chave (input digital).
Movendo o Servomotor	Controlar o servomotor através do Arduino utilizando como input um potenciômetro	Compreender e utilizar um “input analógico” para controlar a abertura de um servomotor.
Montando e usando o Resistor LDR	Montar um sistema que lê a luminosidade do ambiente e ajusta o brilho do LED dependendo desta luminosidade.	Compreender como certos tipos de componentes podem ler dados do ambiente e manipular estes dados para controlar componentes eletrônicos através do Arduino.
Criando o Robô Girassol seguidor de luz	Essa atividade é o momento central da proposta e irá envolver os diversos conhecimentos e aprendizagens desenvolvidas ao longo das demais	Construir um girassol robótico utilizando como entrada analógica um resistor LDR que atuará como sensor de luminosidade, e como saída resultará no movimento do servomotor na direção da luz. Relacionar o movimento do girassol robótico a outros equipamentos e até a própria planta.

Fonte: Vilaça (2023, p. 57).

Após a realização das atividades com os alunos, que foram filmadas, partimos para a análise dos dados registrados. Os momentos fundamentais da abordagem fenomenológica consistem na análise ideográfica e na análise nomotética. De forma resumida, a primeira busca uma compreensão que se concentra na descrição, destacando unidades de significado que são cruciais para esclarecer a questão da pesquisa, a partir das interpretações realizadas pelo pesquisador. O segundo momento objetiva a

confluência dessas unidades em categorias maiores, permitindo uma generalização ou entendimento mais abrangente em relação ao fenômeno estudado e a discussão dos dados articulados à área de pesquisa.

Como forma de organização, os dados e análises efetuados no primeiro momento foram apresentados em quadros com duas colunas, nas quais, na primeira há a descrição dos diálogos ocorridos e algumas interpretações do pesquisador e na segunda as US (Unidades de Significado) inferidas a partir dela, como exemplificado no diálogo do Quadro 2.

Quadro 2 – Quadro da análise ideográfica

Descrição	US
P: Foram muitas tarefas repetitivas? LUIZA: Toda hora repete o comando.	1.8 Identificação da repetição do comando.

Fonte: Vilaça (2023, p. 68).

No segundo momento da análise, as convergências identificadas durante a análise dos dados levaram ao surgimento de três categorias principais: “Aspectos de uma proposta de ensino e aprendizagem por meio da RBC visando a integração de saberes”, “A RBC e o Pensamento Computacional na mobilização de saberes” e “Disciplinas e conhecimentos mobilizados no trabalho com a RBC que sinalizam para uma perspectiva interdisciplinar”, as quais discutimos na seção seguinte.

Discussão dos resultados

A categoria "Aspectos de uma proposta de ensino e aprendizagem por meio da robótica de baixo custo visando a integração de saberes" aborda os diferentes elementos que permearam a realização das atividades com os alunos. Esses elementos estão relacionados às interações, abordagens, posturas e papéis dos envolvidos e que direcionam à interdisciplinaridade.

Um dos aspectos destacados é o fator motivador da robótica, que despertou o interesse e a curiosidade dos alunos em relação aos conteúdos abordados. No início da primeira atividade, ficou evidente que alguns alunos demonstraram um notável interesse e expectativa em relação à próxima etapa, mesmo que esta ainda não tivesse sido iniciada (VILAÇA, 2023, p. 64). Um exemplo pode ser ilustrado na pergunta de um aluno: "Isso aqui dá para montar 'num' PC? (questionando a possibilidade de instalar o LED em um

computador)" (VILAÇA, 2023, p.76). No contexto do diálogo, a interação entre dois alunos revela a motivação gerada à medida em que exploram a viabilidade de usar LEDs para personalizar computadores pessoais. Nota-se, ao longo das interações, que os alunos compartilham suas experiências, observações e conhecimentos específicos sobre tecnologias, buscando compreender o funcionamento de algo e avançando para além do que estava sendo inicialmente proposto. Foi possível observar que a realização das atividades proporcionou diálogos e trocas entre os alunos, permitindo que compartilhassem soluções, vivências e conhecimentos. Um exemplo foi o compartilhamento de distintas soluções corretas entre alunos de um mesmo grupo (VILAÇA, 2023, p.65). Essas interações ocorreram não apenas dentro das expectativas do pesquisador, mas avançaram para assuntos que eram “trazidos” pelos alunos para a discussão.

Em alguns casos, a empolgação com o êxito na atividade ficava explícito: “Nossa, eu fiz o circuito todo. Eu sou muito bom!” (VILAÇA, 2023, p.72). Nesse tipo de interação, vemos indícios do que Valente (1997) chama de *empowerment*, uma forte sensação que o aluno experimenta ao elaborar um artefato que fizeram por conta própria, entendendo seu funcionamento. Essa sensação desperta no aprendiz uma "mensagem ao ego" (VALENTE, 1997, p.82) que dá a eles satisfação e auxilia a se engajarem ainda mais nas atividades.

Destacou-se nas interações a importância da valorização dos conhecimentos trazidos pelos alunos, onde o pesquisador assumiu uma postura de mediador, dando espaço para que expressassem suas ideias, dúvidas e experiências. Tal postura dialoga com a abordagem de Papert (1993), que defende o protagonismo do aluno na construção de seu conhecimento e a importância de trazer seus repertórios para enriquecer as propostas educacionais.

É importante enfatizar que, ao longo das ações com os alunos, nem tudo foram acertos e êxitos, principalmente entre alguns alunos não tão familiarizados com a linguagem proposta. Erros e dificuldades técnicas também ocorreram e, na perspectiva mediadora docente, foram utilizados como oportunidades de aprendizado, incentivando a reflexão sobre o que encontraram e a busca por soluções. Assim, também foram identificados momentos de desmotivação e frustração por parte dos alunos, principalmente diante de dificuldades técnicas relacionadas aos dispositivos. Esses

momentos destacam a importância de oferecer o suporte adequado e criar um ambiente acolhedor e, ao mesmo tempo, desafiador, que valorize os esforços dos alunos e estimule sua persistência diante dos obstáculos.

Em termos de síntese, essa primeira categoria de discussão se volta para a importância da motivação, do protagonismo, da valorização dos conhecimentos trazidos pelos alunos, da postura de mediador do professor e da superação de dificuldades técnicas como elementos fundamentais para uma proposta efetiva de ensino e aprendizagem com a robótica de baixo custo visando a integração de diferentes saberes, seja aqueles matemáticos ou não, escolares ou do cotidiano dos alunos.

A segunda categoria, "A RBC e o Pensamento Computacional na mobilização de saberes", destaca as interações e soluções nas quais identificamos noções, características, conceitos e propriedades específicas relacionadas aos aspectos técnicos da RBC em articulação com o Pensamento Computacional (BRACKMANN, 2017).

Os alunos desempenharam um papel ativo como programadores durante as atividades com a RBC, envolvendo-se com a linguagem e o pensamento inerentes a elas. Eles planejaram, previram resultados, executaram a programação, testaram e depuraram seus códigos, demonstrando, em certos casos, habilidades de análise e de replanejamento quando era necessário rever o caminho seguido. Também foram identificados momentos em que os alunos se preocuparam em otimizar os programas desenvolvidos coletivamente, buscando economizar recursos e aplicando o pensamento recursivo. A otimização de algoritmos permitiu que os alunos trabalhassem o raciocínio lógico na interpretação e análise de problemas e de suas variáveis, estabelecendo uma relação intrínseca com o Pensamento Computacional (BRACKMANN, 2017; WING, 2008). A identificação de regularidades foi uma característica destacada nas atividades, permitindo que os alunos estabelecessem relações e identificassem padrões, entre problemas anteriores e novos, promovendo eficiência e criatividade na resolução de problemas. A análise crítica dos algoritmos e a otimização da programação foram aspectos valorizados pelos alunos, que buscaram melhorar suas soluções e compreender as condições em que a otimização valeria a pena (ou não). A habilidade de identificar maneiras de simplificar o código, tornando-o mais eficiente e confiável, foi trabalhada na busca pela otimização de algoritmos.

Foi observado o pensamento analítico dos alunos na compreensão da relação entre

Rev. Prod. Disc. Educ. Matem., São Paulo, v.12, n.2, pp. 17-33, 2023

localização, sequência de ações, necessidade de inserir novas ações ou condições, entre outros aspectos. Eles demonstraram, de modo geral, compreensão na interpretação dos algoritmos, evidenciando o raciocínio lógico envolvido.

A resolução de problemas se destacou como uma abordagem importante para o desenvolvimento do Pensamento Computacional (BRACKMANN, 2017), envolvendo habilidades de elaboração, solução, avaliação crítica e melhoria das soluções encontradas. A resolução de problemas por meio da RBC, combinada com o Pensamento Computacional, ofereceu uma abordagem enriquecedora para o ensino, integrando tecnologia e matemática. Enfatiza-se que a escolha adequada de recursos e metodologias, considerando as habilidades dos estudantes e os objetivos de desenvolvimento, se mostra como um aspecto importante para promover o PC no ambiente escolar, direcionando os alunos para uma postura mais ativa e crítica na resolução. Dessa forma, entendemos que ao abrangermos o Pensamento Computacional nas atividades foi possível estabelecer conexões com outros saberes e conhecimentos, encaminhando para o aspecto interdisciplinar da RBC.

Em síntese, esta segunda categoria evidencia a mobilização de saberes e conhecimentos em sintonia com o Pensamento Computacional. A otimização de algoritmos, a identificação de padrões, a análise crítica dos algoritmos, a resolução de problemas e a integração interdisciplinar foram aspectos destacados nas interações. A abordagem baseada na resolução de problemas foi fundamental para o desenvolvimento do Pensamento Computacional, promovendo também habilidades matemáticas, tecnológicas e outras necessárias para uma formação criativa dos estudantes.

A terceira categoria, “Disciplinas e conhecimentos mobilizados no trabalho com a RBC e que sinalizam para uma perspectiva interdisciplinar”, destaca a mobilização de diferentes conhecimentos e disciplinas por meio das atividades realizadas. As interações dos alunos envolveram disciplinas das áreas de ciências exatas e tecnológicas, como matemática, física e programação, além de disciplinas da área de humanas, como línguas e comunicação. Foi possível estabelecer relações entre os conteúdos dessas disciplinas e as atividades realizadas com a RBC na promoção de um currículo mais transversal. Tudo isso vai ao encontro do que é preconizado na BNCC (BRASIL, 2018) quanto à integração curricular.

No âmbito da matemática, os alunos fizeram inferências e estabeleceram relações

entre os comandos de programação e os movimentos do robô, aplicando conceitos matemáticos como o padrão de comportamento associado aos comandos, orientação espacial do robô e a ordenação adequada da programação do algoritmo de movimento. Eles também exploraram conceitos matemáticos ao questionar sobre o funcionamento de comandos e estabelecer relações com regras de três e a operação de divisão. A resolução de situações problemas matemáticos por meio da programação e da robótica proporcionou uma compreensão aplicada dos conceitos matemáticos, promovendo habilidades de raciocínio lógico e análise crítica. Voltados para a área de física, os alunos exploraram conceitos como eletricidade, circuitos e resistência elétrica ao trabalhar com os dispositivos e circuitos da RBC. Eles questionaram e explicaram o funcionamento dos componentes, estabelecendo relações com a lei de Ohm e a simplificação de que a energia elétrica. Um estudante, ao discutirmos essas relações, afirma de modo intuitivo: “(a energia) procura o caminho mais fácil”. As atividades permitiram uma compreensão aplicada dos conceitos teóricos da física, conectando-os com a prática da robótica e da programação.

Observamos também a forte presença da língua inglesa nas interações dos alunos. Eles mobilizaram conhecimentos de inglês ao programar e manipular dispositivos robóticos, relacionando termos e siglas com suas palavras de origem e demonstrando compreensão da presença dessa língua na robótica. Observou-se, por exemplo, atribuição da relação de certas palavras, como, “*if*”, “*else*”, “*while*” e seus significados como estruturas condicionais e laços de repetição. Essa integração da língua inglesa advinda dos próprios alunos, não era esperada, e ampliou as possibilidades de aprendizagem e compreensão, indicando conexão entre diferentes linguagens e saberes.

Para além dos conhecimentos específicos adquiridos nas disciplinas, os alunos aprimoraram habilidades e competências pertinentes à computação e programação. Isso inclui a compreensão dos princípios essenciais envolvidos na criação, compilação/interpretação, execução, depuração e teste de programas de computadores. Adicionalmente, desenvolveram a capacidade de avaliar diversas soluções algorítmicas para um mesmo problema, considerando tanto o desempenho quanto a complexidade em termos de tempo e espaço. Foram capazes de questionar e buscar a melhora do código, relacionaram conhecimentos prévios, como comandos e sintaxe, aplicando-os de forma coerente na construção de suas soluções.

Ao mobilizar conhecimentos de diferentes áreas, como matemática, física, línguas e programação, as atividades com a RBC promoveram uma abordagem interdisciplinar, conectando saberes diversos e destacando a importância da integração entre disciplinas no currículo. A interação dos alunos com os dispositivos e a aplicação prática dos conceitos ampliaram sua compreensão e motivaram a participação. Evidenciaram, assim, uma conexão entre os conteúdos curriculares e a realidade dos alunos, permitindo que eles relacionassem o que aprenderam com sua vida cotidiana e experiências na internet. A abordagem da RBC possibilitou uma aprendizagem mais significativa e uma visão mais ampla das relações entre conhecimentos e áreas de estudo.

Nesse sentido, é importante destacar que um trabalho planejado e integrado ao currículo da escola pode potencializar ainda mais a interdisciplinaridade, ao mobilizar e envolver outras disciplinas, saberes e professores. Para isso, ela não precisa ser “mais” uma disciplina do currículo, mas um conhecimento que perpassa e integra as demais, colocando-as em conexão.

Considerações Finais

Ao longo da pesquisa apresentada neste artigo, buscamos compreender as possibilidades da Robótica Educacional de Baixo Custo (RBC) no ensino e aprendizagem de alunos do Ensino Médio de uma escola pública estadual, com ênfase na integração de saberes e na promoção da interdisciplinaridade. Nesse sentido, propomos a realização de atividades que conduziram os alunos à construção de algo mais abrangente, demandando a mobilização de habilidades, competências e conhecimentos diversos ao longo do processo.

Para viabilizar a proposta, foi necessário que o pesquisador utilizasse seus conhecimentos sobre robótica, programação e Arduino, além de se envolver na elaboração de um projeto para a aquisição dos equipamentos pela escola, via Secretaria Estadual de Educação, já que ela não dispunha de tais recursos. Assim, a implementação da RBC em uma perspectiva interdisciplinar exigiu uma estrutura adequada e um apoio tanto estrutural quanto humano. No entanto, nem todas as escolas possuem equipes que viabilizem a busca por projetos de aquisição de equipamentos, nem espaços adequados para laboratórios. Portanto, um trabalho com RBC que busque avançar na integração das disciplinas requer suporte e estrutura mínimos. A falta de recursos financeiros e políticas públicas voltadas para a inclusão tecnológica nas escolas são obstáculos à implementação da RBC e de outras

tecnologias digitais na educação.

As três categorias que sucintamente abordamos aqui permitiram relacionar as discussões quanto à inclusão digital, compreendendo que ela não se limita ao aspecto financeiro ou à posse de equipamentos, mas envolve também o uso efetivo e crítico da tecnologia. A inclusão digital implica igualdade de oportunidades e a ausência de barreiras para ampliar as possibilidades educacionais, exigindo investimentos em políticas públicas, recursos financeiros e formação adequada para os profissionais da educação.

Considerando a importância da inclusão digital e de uma aprendizagem mais ativa por parte do aprendiz, a RBC surge como uma abordagem para a integração de diferentes saberes das diversas áreas do conhecimento. Sua implementação nas escolas públicas representa um avanço na democratização do acesso à tecnologia e na promoção da igualdade de oportunidades. Porém, é fundamental compreender que a RBC não é uma solução mágica para melhorias na educação, mas sim parte de um caminho profícuo visando uma transformação pedagógica que valoriza a interdisciplinaridade, a integração de saberes e a inclusão.

Referências

- ALIMISIS, Dimitris. Educational robotics: Open questions and new challenges. **Themes in Science and Technology Education**, v. 6, n. 1, p. 63-71, 2013.
- BRACKMANN, C. P. **Desenvolvimento do pensamento computacional através de atividades desplugadas na educação básica**. Tese (Doutorado) – Programa de Pós-Graduação em Informática na Educação, Centro de Estudos Interdisciplinares em Novas Tecnologias na Educação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2017.
- BRASIL. Ministério da Educação. **Base Nacional Comum Curricular**. Brasília, DF: MEC, 2018.
- BICUDO, M. A. V. **Pesquisa Qualitativa e pesquisa qualitativa segundo a abordagem fenomenológica**. Belo Horizonte: Autêntica, 2006.
- FAZENDA, I. C. A. Desafios e perspectivas do trabalho interdisciplinar no Ensino Fundamental: contribuições das pesquisas sobre interdisciplinaridade no Brasil: o reconhecimento de um percurso. **Interdisciplinaridade**. Revista do Grupo de Estudos e Pesquisa em Interdisciplinaridade, n. 1, p. 10-23, 2011. Disponível em: <https://revistas.pucsp.br/interdisciplinaridade/article/download/16202/12210>. Acesso em 28 dez. 2022.
- FAZENDA, Ivani (Org.). **Interdisciplinaridade: história, teoria e pesquisa**. Campinas, SP: Papyrus, 2010.
- FERNANDES, M. et al. Robótica educacional uma ferramenta para ensino de lógica de programação no ensino fundamental. In: **Anais.... São Bernardo do Campo**, 2018. p. 315-322. Disponível em: <https://sol.sbc.org.br/index.php/wie/article/download/14343/14188/>.

Acesso em 28 dez. 2022.

FABRI JUNIOR, L. A. **O uso de Arduino na criação de kit para oficinas de robótica de baixo custo para escolas públicas**. Mestrado em Tecnologia Universidade Estadual De Campinas/Limeira, Limeira Biblioteca, 2014.

FINI, M. I. Sobre a Pesquisa Qualitativa em Educação, que tem a fenomenologia como suporte. In: BICUDO, M. A. V.; ESPOSITO, V. H. C. (Org.). **Pesquisa qualitativa em educação: um enfoque fenomenológico**. Piracicaba: Unimep, 1994. p. 23-33.

GESSER, J. **Estado da arte das pesquisas em robótica educacional no ensino de matemática**. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Educação Científica e Tecnológica. Universidade Federal de Santa Catarina, 2022.

JAPIASSU, Hilton. **Interdisciplinaridade e patologia do saber**. Rio de Janeiro: Imago, 1994.

JÚNIOR, L. A.; NETO, O. T.; HERNÁNDEZ, M. F.; MARTINS, P. S.; ROGER, L. L.; GUERRA, F. A. J. Sel. Areas Robot. **Control**, v. 3, n. 1, p. 1-8, 2013.

LIMA, W. F. **Aprendizagem Colaborativa Para O Ensino De Química Por Meio Da Robótica Educacional**. Mestrado em Química. Instituição de Ensino: UNIVERSIDADE FEDERAL DE GOIÁS, Goiânia Biblioteca Depositária: Biblioteca Digital de Teses e Dissertações da UFG, 2016.

LUCIANO, A. P. G. **A utilização da robótica educacional com a plataforma arduino: uma contribuição para o ensino de física**. Mestrado em educação para a ciência e a matemática, Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2014.

NASCIMENTO, F. M. S. **A robótica Educacional como abordagem de baixo custo para o ensino de computação em cursos técnicos e tecnólogos**. Salvador: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia da Bahia (IFBA), [S.d.]. Disponível em: <https://www.br-ie.org/pub/index.php/wie/article/view/2053/1815>. Acesso em: 22 dez. 2022.

PAPERT, Seymour. **A Máquina das Crianças: repensando a escola na era da informática**. Porto Alegre: Artmed, 1993.

PERALTA, D. A.; GUIMARÃES, E. C. Robotics at school as an interdisciplinary teaching approach in Basic Education: The future has arrived to school? **Revista Brasileira de Informática na Educação**, v. 26, n.1, p. 30-50, 2018.

QUEIROZ, R. L. **Duinoblocks4kids: utilizando tecnologia livre e materiais de baixo custo para o exercício do Pensamento Computacional no Ensino Fundamental I por meio do aprendizado de programação aliado à Robótica Educacional**. Mestrado em Informática. Universidade Federal Do Rio De Janeiro, Rio de Janeiro, 2017.

SILVA, E. C. **Pensamento Computacional e a formação de conceitos matemáticos nos Anos Finais do Ensino Fundamental: Uma possibilidade com kits de robótica**. 2018. 267 p. Dissertação (Mestrado em Educação Matemática) - Universidade Estadual Paulista, Programa de Pós-graduação em Educação Matemática, Rio Claro, 2018.

SILVEIRA, S. A. **Software Livre: a luta pela liberdade do conhecimento**. São Paulo: Fundação Perseu Abramo, 2004.

VALENTE, J. A. O uso inteligente do computador na educação. **Revista Pátio**, v. 1, n. 1, p. 19-21, 1997. Disponível em <http://cmappublic.ihmc.us/rid>

VILAÇA, M. O. **Robótica educacional de baixo custo no ensino e aprendizagem em uma perspectiva interdisciplinar: interfaces com a Educação Matemática**. 2023. 145

f. Dissertação (Mestrado Acadêmico em Educação Matemática) – Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 2023.

WING, Jeannette. **Computational thinking**. *Communications of the ACM*, v. 49, n. 3, p. 33-35, 2006.