

Implementação da educação STEM por meio de atividades didáticas com simulações

Agostinho Iaqchan Ryokiti Homa¹

Resumo: O estudo destaca o papel dos simuladores na Educação, como ferramentas didáticas no processo de aprendizagem, integrados aos princípios da abordagem educacional STEM (Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática). O objetivo foi desenvolver simuladores digitais para uso integrado a sequências didáticas, permitindo que os alunos visualizem situações reais, colocando em prática seus conhecimentos teóricos ao observar e testar suas conjecturas, com foco na Trigonometria. Os simuladores, desenvolvidos com GeoGebra, foram organizados em três atividades independentes com diferentes graus de complexidade, focando na compreensão do espaço e das ações que um braço robótico deve executar. Por não ser uma pesquisa aplicada, os resultados são os próprios simuladores como objetos de aprendizagem disponíveis para uso livre. O estudo mostra que é possível oferecer uma alternativa prática e imersiva para a Educação STEM, ajudando os alunos a aplicarem conhecimentos teóricos em situações reais utilizando simuladores.

Palavras-chave: Educação STEM. Simuladores. Braço Robótico. Trigonometria.

Implementation of STEM Education through Didactic Activities with Simulations

Abstract: The study highlights the role of simulators in education as didactic tools in the learning process, integrated with the principles of the STEM (Science, Technology, Engineering, and Mathematics) educational approach. The objective was to develop digital simulators for use within didactic sequences, allowing students to visualize real-life situations, applying their theoretical knowledge by observing and testing their conjectures, with a focus on Trigonometry. The simulators, developed using GeoGebra, were organized into three independent activities with different levels of complexity, focusing on understanding space and the actions a robotic arm must perform. Since this is not applied research, the results are the simulators themselves as learning objects available for free use. The study shows that it is possible to offer a practical and immersive alternative to STEM education, helping students apply theoretical knowledge to real-world situations using simulators.

Keywords: STEM education. Simulators. Robotic Arm. Trigonometry.

Implementación de la Educación STEM a través de Actividades Didácticas con Simulaciones

Resumen: El estudio destaca el papel de los simuladores en la Educación, como herramientas didácticas en el proceso de aprendizaje, integradas con los principios del enfoque educativo STEM (Ciencia, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas). El objetivo fue desarrollar simuladores digitales para uso integrados con secuencias didácticas, que permitieran a los estudiantes visualizar situaciones reales, poniendo en práctica sus conocimientos teóricos mediante la observación y prueba de sus conjeturas, con un enfoque en la trigonometría. Los simuladores, desarrollados con GeoGebra, se organizaron en tres actividades independientes con diferentes grados de complejidad, centrándose en la comprensión del espacio y las acciones que debe realizar un brazo robótico. Al no tratarse de una investigación aplicada, los resultados son los propios simuladores como objetos de aprendizaje disponibles para su uso gratuito. El estudio demuestra que es posible ofrecer una alternativa práctica e inmersiva a la Educación STEM, ayudando a los estudiantes a aplicar los conocimientos teóricos en situaciones reales utilizando simuladores.

Palabras clave: Educación STEM. Simuladores. Brazo robótico. Trigonometría.

¹ Doutor em Ensino de Ciências e Matemática. Universidade Luterana do Brasil/ULBRA, Canoas, RS, Brasil. E-mail: iaqchan@hotmail.com - Orcid: <https://orcid.org/0000-0002-5771-1319>

1. Introdução

Segundo Larson e Miller (2011), a escola sempre deu uma forte ênfase no ensino dos conceitos básicos, incluindo leitura, escrita e matemática. Elas também afirmam que, embora essas habilidades continuem sendo importantes, há atualmente a necessidade de ensinar aos alunos as habilidades do século XXI. Foster (2023) usa o termo competências do século XXI se referindo ao conhecimento, habilidades e atitudes necessárias para se viver e trabalhar na economia global participando em uma sociedade cada vez mais diversificada, para usar novas tecnologias de forma eficaz sendo capaz de se adaptar às mudanças.

As competências do século XXI se apresentam com particularidades sob as diferentes estruturas (literacia digital, literacia em TIC e literacia midiática) que as identificam e definem, mas abstraído as especificidades de cada estrutura, Foster (2023) identifica seis amplas categorias: *cognitiva* (resolução de problemas, pensamento crítico, pensamento criativo), interpessoal (comunicação, colaboração), intrapessoal (persistência, adaptabilidade, flexibilidade), metacognitivo (aprendizagem autorregulada, metacognição), TIC e digital (literacia digital, literacia midiática) e cívico e cidadania (comunicação intercultural).

De forma similar, a Sociedade Internacional para a Tecnologia na Educação (ISTE, 2024) afirma que os estudantes precisam:

- de habilidades para assumir um papel ativo na definição, alcance e demonstração de suas competências em relação a seus objetivos de aprendizagem, utilizando a tecnologia para isso;
- reconheçam suas responsabilidades e oportunidades de contribuir para suas comunidades digitais, gerenciando sua identidade digital e tomando decisões seguras e éticas no mundo digital;
- devem ser capazes de selecionar uma variedade de recursos usando ferramentas digitais para construir conhecimento e produzir artefatos criativos;
- devem desenvolver e empregar estratégias para entender e resolver problemas, utilizando métodos tecnológicos para desenvolver e testar soluções;
- precisam se comunicar de forma clara e expressar-se criativamente para diversos propósitos, utilizando plataformas e ferramentas digitais apropriadas;
- devem usar ferramentas digitais para ampliar suas perspectivas e enriquecer seu aprendizado, colaborando com outros e trabalhando efetivamente em equipes, tanto local quanto globalmente.

O PISA (Programa Internacional de Avaliação de Estudantes) da OCDE (Organização para a Cooperação e Desenvolvimento Econômico) também reconhece a importância da criatividade no contexto educacional. Em suas avaliações, o PISA define criatividade como a capacidade de os estudantes gerarem ideias novas e úteis, combinando conhecimento de maneira inovadora e original. O conceito de criatividade no PISA (OECD, 2019) engloba as seguintes dimensões: originalidade que é a habilidade de produzir ideias novas e únicas; relevância e utilidade, que é a capacidade de gerar soluções que sejam úteis e apropriadas para a tarefa ou problema em questão; flexibilidade, que é a aptidão para ver coisas de diferentes perspectivas e modificar abordagens conforme necessário; Elaboração que é a competência para desenvolver e refinar ideias, adicionando detalhes e complexidade. O PISA (OECD, 2019) destaca que a criatividade é uma habilidade essencial para o século XXI, importante não apenas para o sucesso acadêmico, mas também para a vida pessoal e profissional dos indivíduos. A avaliação do PISA visa medir a capacidade dos alunos de aplicar seu conhecimento e habilidades de forma criativa em situações novas e desafiadoras, refletindo a importância da inovação e da resolução de problemas no mundo moderno.

No cenário educacional atual, há uma crescente necessidade de preparar os estudantes para um futuro no qual a capacidade de resolver problemas complexos e a adaptabilidade são essenciais. Nesse contexto, surge a Educação STEM como uma abordagem inovadora e interdisciplinar, que integra as áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática, buscando preparar os alunos para enfrentar desafios reais e complexos do mundo contemporâneo. O objetivo é desenvolver habilidades críticas, como resolução de problemas, pensamento crítico, criatividade e colaboração. Representa uma mudança significativa na forma como se ensina e se aprende, preparando os alunos não apenas para carreiras específicas, mas para serem pensadores críticos e solucionadores de problemas em um mundo cada vez mais complexo e tecnológico. Também, a abordagem STEM, coloca um forte foco na resolução de problemas do mundo real. Isso não só torna o aprendizado mais relevante e motivador para os alunos, mas também os prepara para enfrentar desafios que encontrarão fora do ambiente escolar.

Uma maneira de desenvolver tais habilidades é fornecer experiências práticas, projetos e atividades que se baseiam em contextos reais como preconiza a educação STEM, que visa engajar os alunos de maneira significativa, despertando o interesse pela Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática que, de maneira indireta, estimula o interesse pelas carreiras relacionadas a essas áreas (Breiner *et al.*, 2012; Bybee, 2010; Homa, 2019).

Ressalta-se que a educação STEM não é uma metodologia, mas um movimento de transformação da escola, do currículo e das metodologias de ensino, caracterizado pelo trabalho com as áreas STEM, exigindo mais do que reunir as quatro áreas dentro de uma sala de aula (Sanders, 2009). Entende-se que é uma abordagem pedagógica focada na aprendizagem criativa, que busque com que os estudantes sejam agentes ativos do seu aprender e o professor atue como um mediador da aprendizagem dos estudantes.

A integração STEM requer um planejamento e esforço para combinar mais de uma das áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática em um único projeto escolar, estabelecendo conexões entre essas áreas e os problemas do mundo real. Mais especificamente, a integração STEM refere-se a ações de design de Engenharia ou Tecnologia como meio de desenvolver projetos relevantes que exigem a integração e aplicação da Matemática e/ou Ciência.

A Educação STEM não é ensinar as quatro disciplinas de forma isolada, mas organizar situações de modo que os alunos estabeleçam as conexões entre os conhecimentos STEM e como eles se aplicam no mundo real. Refletindo sobre a abordagem para concretizar a integração STEM considera-se relevante a criação de projetos que abordem problemas do mundo real, a colaboração entre professores de diferentes disciplinas e a incorporação de tecnologias e ferramentas de engenharia no ensino de Matemática e Ciências.

Bybee (2010) apresenta a possibilidade de se trabalhar unidades instrucionais com diferentes durações para os níveis fundamental, médio e superior. Essa abordagem instrucional começa com um desafio ou problema apropriado para a idade e estágio de desenvolvimento dos alunos, sendo uma resposta positiva e construtiva às solicitações dos professores que pedem materiais didáticos de fácil implementação que exemplifiquem a inovação.

Essas propostas representam os esforços em uma revisão curricular com foco na Educação STEM que incluam a integração da tecnologia e da engenharia no currículo de Ciências e Matemática, promovendo a investigação científica e o processo de design de engenharia (Bybee, 2010; Moore; Smith, 2014). Para isso, é necessário que os professores estejam devidamente capacitados para implementar abordagens STEM, utilizando ferramentas educacionais apropriadas e inovadoras. Isso implica que os professores estejam adequadamente preparados e qualificados no uso das ferramentas educacionais necessárias (Bell, 2016; Kennedy, 2014) para realizarem a integração STEM em sala de aula.

Segundo Homa (2019) a simulação na educação pode ser considerada uma importante ferramenta educacional, pois permite a interação e a experimentação em diversos cenários,

possibilitando que os alunos observem, realizem e testem suas conjecturas, colocando em prática seus conhecimentos teóricos. Neste sentido, entende-se que os simuladores representam uma alternativa para a Educação STEM, proporcionando aos alunos uma experiência prática e imersiva em diversos campos de estudo.

2. Simuladores

Com o avanço contínuo da Tecnologia, os simuladores têm o potencial de inovação na Educação, preparando os alunos de maneira mais completa e eficiente para os desafios do mundo real, sendo importantes para a aprendizagem baseada em experiências, pois a característica da simulação é a reprodução de um ambiente ou modelo baseado em algum comportamento da realidade, fenômeno científico ou natural (D'Angelo *et al.*, 2014; Psotha, 2013).

Os simuladores para a aprendizagem de procedimentos, nos quais há riscos envolvidos, são usados há tempos na indústria aeronáutica, automotiva, naval, petrolífera, química, bem como na área da saúde. Comandos com atuadores e medidores reais, mas que não atuam ou medem uma situação real, são usados na indústria para a aprendizagem de procedimentos e manobras que, se executados de forma inadequada, apresentam riscos ao operador e aos equipamentos. Na área da saúde, os manequins realísticos simulam corpos humanos para que os estudantes de Medicina treinem manobras de contenção, imobilização, reanimação, parto e outras ações procedimentais sem causar danos aos pacientes humanos reais.

Além dos simuladores para a aprendizagem de procedimentos, há os simuladores para a aprendizagem de conceitos que tem como característica a simulação de uma situação real, para observação, inferência e teste de hipóteses, colocando em prática os conhecimentos teóricos (D'ANGELO *et al.*, 2014). As tecnologias associadas ao movimento em direção à aprendizagem baseada em experiências têm contribuído para o uso de simuladores digitais para a aprendizagem de conceitos.

Considerando os simuladores para a aprendizagem de conceitos têm-se os simuladores matemáticos que apresentam numérica ou graficamente os objetos matemáticos, os simuladores de realidade, podendo estes serem imersivos, ou não, que imitam circunstâncias reais. Tais simuladores adotam diferentes graus de realidade, reproduzindo parte dos fenômenos que realmente ocorrem.

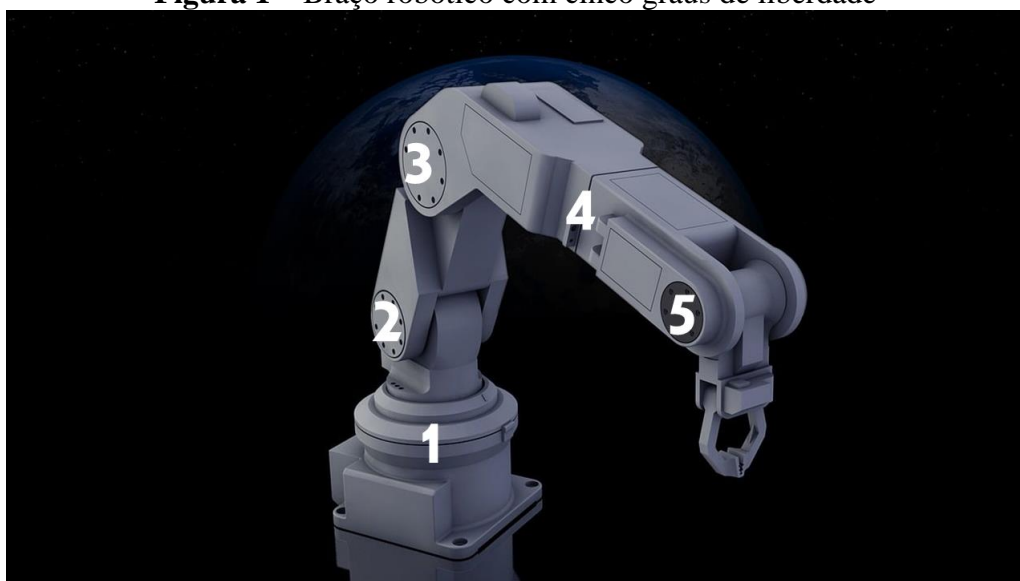
No caso dos simuladores de realidade para a aprendizagem matemática, Homa (2019) propõe o uso de simuladores de braços robóticos em uma série de atividades didáticas,

utilizando a integração de contexto de modo que, para a manipulação dos braços robóticos, seja necessário o conhecimento de Trigonometria.

O uso dos simuladores são uma alternativa ao uso de braços robóticos reais que apresentam uma série de desafios no seu uso em sala de aula, pois estes necessitam de cuidados e ajustes mecânicos, requerem espaço apropriado para montagem e são de difícil transporte. Como alternativa, os simuladores digitais oferecem as vantagens de serem inquebráveis, não necessitam ser transportados, não requerem configuração ou ajustes mecânicos e permitem a simplificação da realidade. Essa simplificação permite aos alunos manterem o foco no objeto de estudo, facilitando a compreensão e a aprendizagem efetiva de conceitos complexos de matemática e engenharia (Homa, 2019).

Nos braços robóticos cada articulação é considerada como sendo um grau de liberdade, como pode ser observado na Figura 1 um braço robótico com cinco graus de liberdade. A manipulação de objetos por braços com muitos graus de liberdade requer domínio espacial e o cálculo posicional de cada uma das articulações, que eleva a complexidade para a aprendizagem da trigonometria no Ensino Fundamental.

Figura 1 – Braço robótico com cinco graus de liberdade

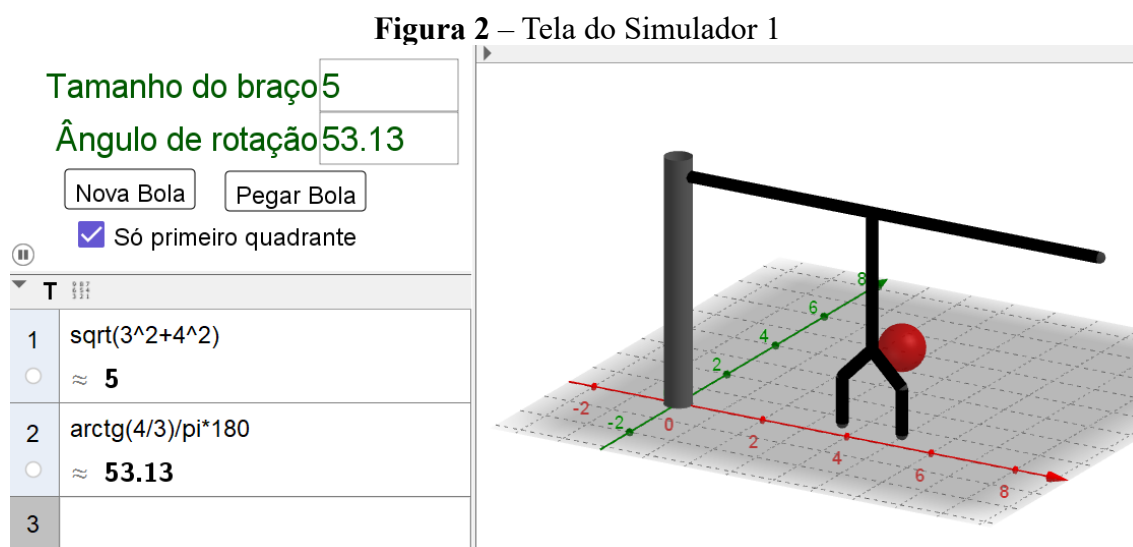


Fonte: <https://pixabay.com/pt/illustrations/rob%C3%B4-bra%C3%A7o-rob%C3%B3tico-forte-m%C3%A1quina-3010511/>

Para a aprendizagem da matemática utilizando simuladores robóticos se propõe o uso de braços robóticos com um número reduzido de graus de liberdade de modo a simplificá-los para uso em sala de aula. Apresenta-se neste artigo simuladores de braços robóticos para a aplicação da trigonometria e a representação polar de maneira aplicada.

Para o desenvolvimento dos simuladores foi utilizado o *software* GeoGebra com representações tridimensionais em perspectiva, que permite a mudança do ponto de vista para a análise do objeto geométrico ou da situação problema sob diferentes perspectivas.

Todos os simuladores têm a mesma interface. A Figura 2 apresenta a tela do simulador 1 na qual a direita está o braço robótico, à esquerda o painel de comandos e a tela CAS (*Computer Algebra System*). O CAS é um sistema que realiza cálculos algébricos podendo ser utilizado como calculadora ou na solução de equações de forma algébrica.



Fonte: Autor.

A sequência de atividades propostas com os simuladores visa dar significado aos conhecimentos da Trigonometria, sendo organizada em três atividades que aumentam sua complexidade de acordo com a compreensão do espaço e das ações que o braço robótico deve executar. As três atividades consistem em manipular o braço robótico fornecendo as informações de movimento, relativo a cada ponto relativo ao grau de liberdade do braço, para que ele pegue um objeto (uma bola vermelha) disposto aleatoriamente no espaço. Nas duas primeiras atividades a bola é posicionada no plano e na terceira no espaço tridimensional.

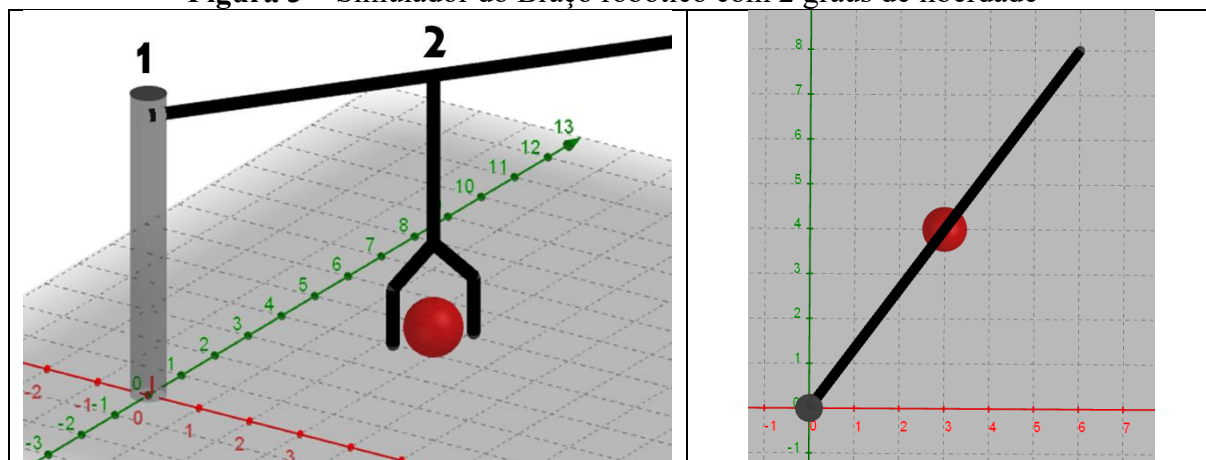
A seguir apresentam-se as três atividades com os simuladores de braços robóticos.

2.1. Braço Robótico com 2 graus de liberdade

A primeira atividade apresenta o simulador de braço robótico com 2 graus de liberdade (Figura 3a), com a rotação do braço sobre a base, ou eixo principal, e o afastamento da garra ou punho em relação à base. Este simulador permite ao aluno enxergar o triângulo retângulo, quando ele muda para vista superior (Figura 3b), e associar seus lados às coordenadas

cartesianas e a distância da base ao objeto manipulado.

Figura 3 – Simulador do Braço robótico com 2 graus de liberdade



Fonte: Autor.

Em uma abordagem exploratória, a atividade deve ser proposta como um desafio no qual o objetivo principal é pegar a bola fornecendo o ângulo de rotação e quanto a garra deve se distanciar da base para se posicionar sobre a bola vermelha.

Espera-se que, após algumas tentativas, os alunos percebam que, embora a garra do robô chegue perto da bola, ela ainda não é capaz de pegá-la. Este é um momento importante para o aprendizado, pois é aqui que os alunos começam a se questionar sobre como podem melhorar suas estimativas e chegar a valores mais precisos. Neste ponto, o professor, agindo como um mediador da aprendizagem, deve orientar os alunos para a compreensão do problema e a relação com seus conhecimentos prévios, por meio de perguntas norteadoras que os levam a refletir criticamente sobre o problema.

Apresentam-se algumas perguntas que possibilitam essa mediação: Considerando a vista por cima, qual objeto matemático se visualiza? Considerando as coordenadas da bola, quanto a garra deve movimentar-se? Como determinar o deslocamento necessário da garra?

Os alunos devem ser orientados a mudar o ângulo de visão para observarem o problema, considerando outras vistas, pois isso pode oferecer pistas valiosas sobre a geometria do problema. Deve-se dar tempo adequado para as discussões as quais devem levar os alunos a identificarem a coordenada da posição da bola como a medida dos catetos do triângulo retângulo e a distância da bola e a base como a hipotenusa.

Com os alunos identificando a necessidade dos cálculos trigonométricos necessários o professor pode revisar ou organizar a aula para o cálculo da hipotenusa (Teorema de Pitágoras) e do ângulo de rotação do braço, utilizando as razões trigonométricas e as respectivas inversas:

$$\begin{aligned} \text{sen}(\theta) &= \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}} \Rightarrow \theta = \text{arcsen}\left(\frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}}\right) \\ \text{cos}(\theta) &= \frac{\text{cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}} \Rightarrow \theta = \text{arccos}\left(\frac{\text{cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}}\right) \\ \text{tan}(\theta) &= \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}} \Rightarrow \theta = \text{arctan}\left(\frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}}\right) \end{aligned}$$

Para a situação proposta na Figura 3, com a bola na coordenada (3,4), são apresentados na Figura 4 os comandos na janela CAS para os cálculos da extensão e rotação do braço robótico. Para o qual a hipotenusa é 5 e o ângulo de rotação é de 53,13°.

É importante que seja introduzida a notação matemática e os comandos matemáticos para computadores, como o uso do acento circunflexo ($3^2 = 3^2$) para potenciação, o comando para raiz quadrada, ou *square root* ($\text{sqrt}(x) = \sqrt{x}$) e as inversas trigonométricas ($\text{arcsen}(x)$, $\text{arccos}(x)$, $\text{arctan}(x)$).

Figura 4 – Comandos do CAS para cálculo da extensão e rotação do braço robótico

Cálculo Simbólico (CAS)		Comandos do CAS
1	$\text{sqrt}(3^2+4^2)$ ≈ 5	O comando calcula $\sqrt{3^2 + 4^2}$
2	$\text{arcsen}(4/5)$ ≈ 0.927	O ângulo de rotação é dado por $\text{arcsen}\left(\frac{4}{5}\right)$
3	$0.9272952180016 \cdot 180/\pi$ ≈ 53.13	Cálculo para a conversão de radianos em graus

Fonte: Autor.

Ressalta-se que o CAS do GeoGebra fornece os resultados dos cálculos das inversas trigonométricas em radianos, sendo uma boa oportunidade para se trabalhar a conversão de ângulos. No exemplo foi dado o comando em separado, mas é possível realizar o cálculo do ângulo e a conversão em um único comando de modo que:

$$\hat{\text{ângulo de rotação}} = \text{arcsen}\left(\frac{4}{5}\right) * \frac{180}{\pi} = \text{arcsen}(4/5) * 180/\pi = 53,13^\circ$$

$$\text{distância da bola até a base} = \sqrt{4^2 + 3^2} = \text{sqrt}(4^2 + 3^2) = 5$$

No simulador, após fornecer os valores de extensão e ângulo de rotação do braço robótico, deve ser pressionado o botão *Pegar bola* para que o braço inicie o movimento de pegar a bola, levando-a para a coordenada (1,0).

Nos três simuladores a bola pode ser posicionada em qualquer um dos quadrantes, mas no primeiro simulador há a opção de trabalhar somente no primeiro quadrante, diminuindo a complexidade da atividade, haja vista que é necessária a compreensão do cálculo do seno, cosseno e tangente de um ângulo e do seu ângulo suplementar, para determinar o ângulo de rotação quando a bola estiver nos demais quadrantes, que não o primeiro.

Essa primeira atividade trabalha de maneira transdisciplinar em uma integração de contexto na qual um problema de Engenharia serve como um motivador para a aprendizagem do conteúdo de Matemática.

O conceito de transdisciplinaridade envolve a integração e a interconexão de diferentes disciplinas e áreas de conhecimento, transcendendo as fronteiras tradicionais entre elas (Fazenda, 2013). Ao adotar uma abordagem transdisciplinar, busca-se superar a fragmentação do conhecimento e promover uma compreensão mais abrangente e holística dos fenômenos estudados, integrando conhecimentos práticos, experiências, saberes locais e culturais, buscando uma compreensão mais profunda e contextualizada dos desafios complexos enfrentados pela sociedade. A transdisciplinaridade estimula a colaboração, a troca de ideias e a construção coletiva do conhecimento, permitindo uma abordagem mais rica, interdisciplinar e interconectada para a compreensão e resolução de problemas complexos (Fazenda, 2013; Nicolescu, 1999)

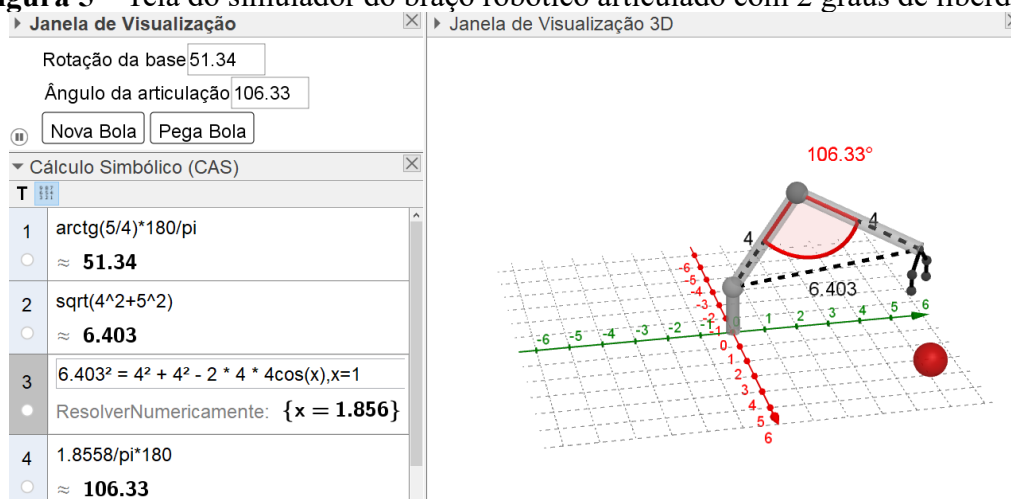
De acordo com Yus (2002) em sua pesquisa intitulada "Educação Integral - uma educação holística para o século XXI", a aprendizagem holística (uma abordagem educacional que visa desenvolver a pessoa de forma integral, considerando todos os aspectos da sua personalidade, habilidades e conhecimentos, em contraste com abordagens mais fragmentadas, a aprendizagem holística busca uma compreensão global do indivíduo e incentiva a integração entre diferentes áreas do conhecimento e habilidades) é descrita como aquela que busca um equilíbrio dinâmico no processo de assimilação dos conteúdos, priorizando uma abordagem interativa e multifacetada que reconhece a interdependência e a conectividade com outras realidades.

2.2. Simulador do Braço Robótico articulado para o plano

O segundo simulador (Figura 5) apresenta um braço robótico de cinco graus de liberdade que foi simplificado para dois. Em um braço robótico real os movimentos são a rotação da base, os ângulos de abertura das três juntas, mais a rotação da garra. Neste simulador é necessário somente o ângulo de rotação da base e o ângulo de abertura da junta central do

braço para que a garra se posicione com a distância da base até a bola. A programação do simulador faz o movimento angular da junta da base para abaixar a garra até a bola, bem como mantém a garra ortogonal ao plano durante toda a movimentação.

Figura 5 – Tela do simulador do braço robótico articulado com 2 graus de liberdade



Fonte: Autor.

Para este simulador os cálculos da rotação da base e da distância da bola são os mesmos do primeiro simulador, mas a distância da bola até a base deve ser convertida em um movimento angular da junta central do braço.

Para a bola na coordenada (4,5) tem-se que o:

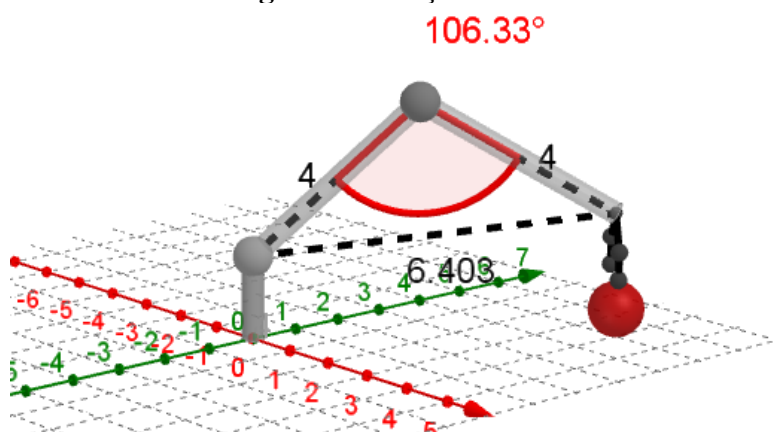
$$\hat{\text{ângulo de rotação}} = \arctan\left(\frac{5}{4}\right) * \frac{180}{\pi} = \arctan(5/4)*180/\pi = 51,34^\circ$$

$$\text{distância da bola até a base} = \sqrt{4^2 + 5^2} = \text{sqrt}(4^2 + 5^2) = 6.403$$

Nesta atividade o professor também deve mediar as ações exploratórias dos alunos, indicando a mudança da vista para que os alunos identifiquem que os segmentos do braço e a distância formam um triângulo isósceles. Para melhor visualização da configuração geométrica do problema, o botão *Pegar Bola* também funciona como um botão de pausa do movimento do braço robótico, permitindo que o aluno veja o triângulo formado.

Neste caso, para a solução do ângulo de abertura (Figura 6) é possível utilizar duas abordagens: dividindo o triângulo isósceles em dois triângulos retângulos, determinando o ângulo ou utilizando a lei dos cossenos como se observa na Figura 7.

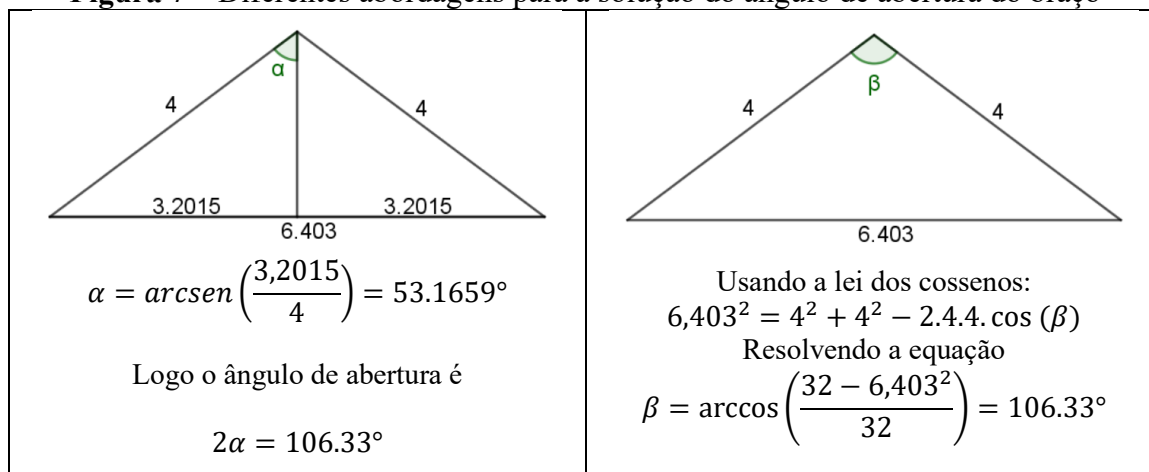
Figura 6 – Braço robótico



Fonte: Autor.

A Figura 7 apresenta à esquerda o cálculo de α usando como cateto oposto a metade da distância entre a bola e a base e a hipotenusa o comprimento do segmento do braço, podendo ser utilizado às razões trigonométricas inversas. Caso os alunos já tenham estudado a lei dos cossenos é possível determinar o ângulo de abertura resolvendo a equação apresentada à direita na Figura 7.

Figura 7 – Diferentes abordagens para a solução do ângulo de abertura do braço



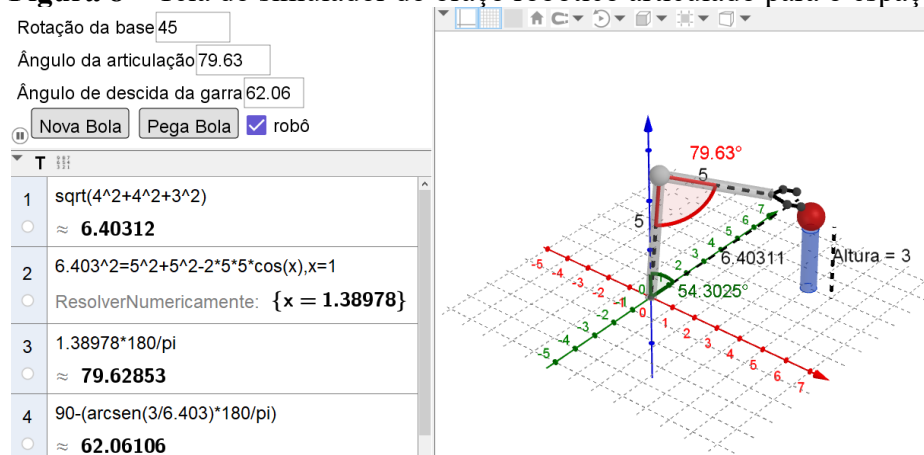
Fonte: Autor.

O uso do CAS do GeoGebra possibilita a solução da equação sem que sejam realizadas as manipulações algébricas. Cabe ao professor avaliar em sua turma o uso dos recursos do CAS ou não. Ressalta-se, porém, que o uso do CAS possibilita que o aluno dedique sua atenção e aprendizagem ao uso dos conhecimentos de trigonometria em uma situação problema em detrimento das manipulações algébricas.

2.3. Simulador do Braço Robótico articulado para o espaço

Finalizando a sequência de atividades, o terceiro simulador (Figura 8) apresenta um braço robótico de cinco graus de liberdade que foi simplificado para três. Nesta atividade a bola não está no plano, mas no espaço tridimensional, assim como no segundo simulador é necessário usar cálculos trigonométricos para determinar a rotação da base, a distância da base até bola, o ângulo de abertura da articulação central do braço e o ângulo de elevação do braço para que a garra se posicione no espaço para pegar a bola.

Figura 8 – Tela do simulador do braço robótico articulado para o espaço

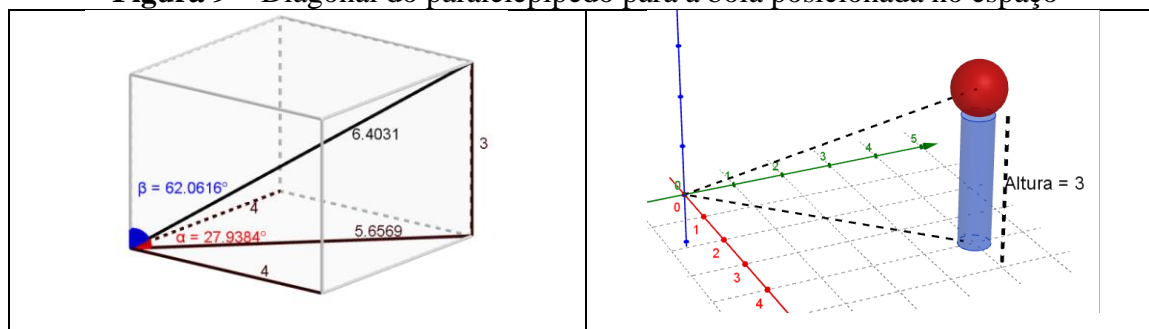


Fonte: Autor.

A distância a ser calculada da base até a bola é a diagonal do paralelepípedo (Figura 9a). Para auxiliar a análise e compreensão do problema, o simulador tem o *checkbox robô* que retira o braço robótico e traça dois segmentos auxiliares para que o aluno enxergue os dois triângulos retângulos (Figura 9b) relacionados ao posicionamento da bola no espaço.

Para a bola na coordenada (4, 4, 3) a distância da base do braço robótico até o suporte é a hipotenusa do triângulo, com catetos 4 e 4, com medida 5,6569, e a distância da base até a bola é a hipotenusa do triângulo com catetos 5,6569 e 3, medindo 6,403.

Figura 9 – Diagonal do paralelepípedo para a bola posicionada no espaço



Fonte: Autor.

Para simplificar os cálculos para o terceiro simulador a primeira articulação está no plano e o braço conta com dois segmentos de comprimento 5, sendo a garra considerada uma extensão do segundo segmento. Deste modo para o cálculo do ângulo de abertura (θ) pela lei dos cossenos tem-se que:

$$6,4031^2 = 5^2 + 5^2 - 2.5.5. \cos (\theta)$$

Ou dividindo em 2 triângulos retângulos com a metade da distância entre a base e a bola.

$$\theta = 2. \arcsen \left(\frac{6,4031}{2.5} \right)$$

Considerando que a garra está alinhada com o eixo z, o movimento angular que o braço deve baixar para pegar a bola, ou seja, o ângulo de descida (β), pode ser calculado de duas maneiras, podendo o aluno calcular o ângulo α e subtrair de 90° ou calcular diretamente β .

$$\alpha = \arcsen \left(\frac{3}{6,4031} \right) = 27.94^\circ \qquad \beta = \arcsen \left(\frac{5,6569}{6,4031} \right) = 62.06^\circ$$

$$\alpha = \arccos \left(\frac{5,6569}{6,4031} \right) = 27.94^\circ \qquad \beta = \arccos \left(\frac{3}{6,4031} \right) = 62.06^\circ$$

$$\alpha = \arctan \left(\frac{3}{5,6569} \right) = 27.94^\circ \qquad \beta = \arctan \left(\frac{5,6569}{3} \right) = 62.06^\circ$$

Cabe ressaltar que nessa atividade o professor pode explorar as relações trigonométricas dos ângulos complementares, ou seja, para $\beta = 90^\circ - \alpha$, tem-se que:

$$\text{sen}(\alpha) = \cos(90^\circ - \alpha) = \cos(\beta)$$

$$\text{cos}(\alpha) = \text{sen}(90^\circ - \alpha) = \text{sen}(\beta)$$

$$\tan(\alpha) = \frac{1}{\tan(90^\circ - \alpha)} = \frac{1}{\tan(\beta)} = \cotan(\beta)$$

A simplificação do simulador de realidade se caracteriza pela rotação da grua sobre seu eixo dianteiro que não se assemelha a um modelo real, mas que facilita o controle da grua, bem como controla o lançamento da garra para pegar a caixa.

A sequência de atividades com os simuladores busca por meio de diferentes realidades simplificadas, apresentar diferentes situações nas quais se aplica a trigonometria em uma integração de contextos no qual os problemas da engenharia se apresentam como um meio para a aprendizagem ou para dar significado aos conhecimentos matemáticos.

Conclusão

Este estudo procurou destacar o papel dos simuladores na Educação, funcionando como ferramentas práticas e eficazes no processo de aprendizagem. Os simuladores oferecem aos

alunos a oportunidade de interagir diretamente com situações e fenômenos da vida real, o que facilita uma compreensão aprofundada dos conceitos envolvidos, permitindo a visualização das situações em questão.

Os conceitos matemáticos envolvidos foram: trigonometria (relações trigonométricas e suas inversas) e representação das coordenadas no plano na forma polar. Os exemplos apresentados possibilitam a integração de três áreas STEM que é a tecnologia (por meio dos simuladores), a engenharia e a matemática, além de possibilitar o desenvolvimento das habilidades de resolução de problemas, criatividade, pensamento crítico e holístico na solução de situações inéditas. Os simuladores se apresentam como objetos de aprendizagem devendo ser integrados a uma sequência didática com um objetivo instrucional definido e organizado pelo professor.

É possível, por meio da simulação, recriar ambientes e comportamentos da realidade, o que viabiliza uma aprendizagem fundamentada em experiências concretas, comprovadamente mais eficaz do que meramente memorizar e aplicar algoritmos isolados, sem uma integração com situações reais. No contexto do ensino de matemática, por exemplo, os simuladores podem ajudar a revelar conceitos abstratos complexos, permitindo a visualização e a manipulação desses conceitos de maneira significativa e interativa.

Destaca-se que a utilização de simuladores digitais na aprendizagem da trigonometria, em particular o uso de simuladores de braços robóticos. Estes simuladores digitais, além de práticos e versáteis, proporcionam uma simplificação da realidade, permitindo aos alunos manterem o foco no objeto de estudo e facilitando a compreensão e a aprendizagem efetiva de conceitos complexos. Através do uso do simulador de braços robóticos, os alunos podem dar significado ao conhecimento da trigonometria, visualizando e manipulando os conceitos de maneira concreta.

Referências

BELL, D. The reality of STEM education , design and technology teachers ' perceptions : a phenomenographic study. **International Journal of Technology and Design Education**, v. 26, n. 1, p. 61–79, 2016.

BREINER, J. M. et al. What Is STEM ? A Discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships. **School Science and Mathematics**, v. 112, n. 1, p. 3–11, 2012.

BYBEE, B. R. W. Advancing STEM Education : A 2020 Vision. **Technology and engineering Teacher**, n. September 2010, p. 30–36, 2010.

- D'ANGELO, C. et al. **Simulations for STEM Learning: Systematic Review and Meta-Analysis**. Melo Park, CA: SRI Education, 2014.
- FAZENDA, I. C. A. **Interdisciplinaridade: História, Teoria e Pesquisa**. São Paulo: Papirus, 2013.
- FOSTER, N. 21st Century competencies: Challenges in education and assessment. In: FOSTER, N.; PIACENTINI, M. (Eds.). **Innovating Assessments to Measure and Support Complex Skills**. Paris: OECD Publishing, 2023. p. 30–45.
- HOMA, A. I. R. Robotics Simulators in STEM Education. **Acta Scientiae**, v. 21, n. 5, p. 178–191, 2019.
- ISTE. **ISTE Standards 2024**. Arlington: ISTE, 2024.
- KENNEDY, T. J. Engaging Students In STEM Education. **Science Education International**, v. 25, n. 3, p. 246–258, 2014.
- LARSON, L. C.; MILLER, T. N. 21st Century Skills: Prepare Students for the Future. **Kappa Delta Pi Record**, v. 47, n. 3, p. 121–123, 2011.
- MOORE, T. J.; SMITH, K. A. Advancing the State of the Art of STEM Integration. **Journal of STEM Education**, v. 15, n. 1, p. 5–11, 2014.
- NICOLESCU, B. **O manifesto da transdisciplinaridade**. São Paulo: Triom, 1999.
- OECD. **PISA 2021 creative thinking framework**. Paris: OECD Publishing, 2019.
- PSOTKA, J. Educational Games and Virtual Reality as Disruptive Technologies. **Educational Technology & Society**, v. 16, n. 2, p. 69–80, 2013.
- SANDERS, M. STEM, STEM Education, STEMmania. **The Technology Teacher**, v. dec./jan., p. 20–27, 2009.
- YUS, R. **Educação Integral: uma Educação Holística Para o Século XXI**. Porto Alegre: Artmed, 2002.