

Simuladores Robóticos na Educação STEM

Agostinho Iaqchan Ryokiti Homa¹

¹ Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática (PPGECIM), Canoas, RS, Brasil.

*Recebido para publicação em 19 set. 2019. Aceito, após revisão, em 24 set. 2019.
Editor designado: Cláudia Lisete Oliveira Groenwald.*

RESUMO

Este artigo discute a educação STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) como uma iniciativa de diversos países do mundo para tentar solucionar a falta de interesse dos jovens nas carreiras ligadas às áreas de exatas, especificamente, Ciência, Matemática, Tecnologia e Engenharia. Entendendo que a educação STEM deve explorar o ensino e a aprendizagem que envolva dois ou mais dos temas STEM, usando a transdisciplinaridade, engajando o aluno em atividades com este enfoque, apresenta-se uma proposta de atividade integrando a Engenharia, Tecnologia e a Matemática com o objetivo da aprendizagem da Matemática. Nesta atividade os estudantes resolvem situações envolvendo a robótica e, para solução, utilizam-se de simuladores de braços robóticos, desenvolvidos no *software* GeoGebra, que reproduzem de maneira simplificada o ambiente real no qual o braço robótico manipula um objeto posicionado no plano, levando-os a organizar estratégias, identificando e aplicando conceitos de Matemática, para a solução do problema. Foi realizado um experimento de validação dos simuladores com alunos de licenciatura em Matemática, da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA), do município de Canoas no Rio Grande do Sul. Os resultados apontam que é possível a integração das áreas STEM com os simuladores desenvolvidos, sendo indicados para atividades com alunos do Ensino Médio (1º ou 2º anos).

Palavras-chave: STEM. Educação Matemática. Simuladores.

Robotics Simulators in STEM education

ABSTRACT

This article discusses STEM (Science, Technology, Engineering and Mathematics) education as an initiative from various countries around the world to address young people's lack of interest in careers in Science, Mathematics, Technology and Engineering. Understanding that STEM education should explore two or more of STEM themes, using transdisciplinarity, engaging the student in activities with this approach, we present the studies of an activity proposal integrating Engineering, Technology and Mathematics with the objective of learning mathematics. In this activity students work with situations involving robotics and, for solution, use robotic arm simulators, developed in GeoGebra *software*, that simplify the real environment in which the robotic arm manipulates an object positioned in the plane, taking to organize strategies by identifying and applying mathematics, such as rectangle triangle trigonometry, trigonometric identities, inverse trigonometric functions, to solve the problem. An experiment was conducted to validate the simulators with undergraduate

Autor correspondente: Agostinho Iaqchan Ryokiti Homa. E-mail: iaqchan@hotmail.com.

mathematics students from the Lutheran University of Brazil (ULBRA) in the city of Canoas in Rio Grande do Sul. The results indicate that it is possible to integrate the STEM areas with the developed simulators, these are indicated for activities with high school students (10th or 11th grade).

Keywords: STEM. Mathematics Education. Simulators.

INTRODUÇÃO

Atualmente, existe a preocupação mundial com a diminuição do interesse dos estudantes do Ensino Médio em seguir as carreiras ligadas às áreas das exatas. Os órgãos ligados à educação de diversos países identificam esta tendência como um problema ao desenvolvimento científico dos países, levando ao desenvolvimento de várias iniciativas visando aumentar o interesse pelas carreiras ligadas às áreas de Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática (*Science, Technology, Engineering, and Mathematics – STEM*).

A Fundação Nacional de Ciências (*National Science Foundation – NSF*) primeiro usava SMET como abreviação de Ciência, Matemática, Engenharia e Tecnologia, mas foi alterado para STEM porque SMET aparecia muito com *smut* (indecente). A NSF tem utilizado o termo STEM para se referir aos quatro campos separados e distintos Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática, e difere da educação STEM que surge como uma ação para reverter a falta de interesse dos estudantes em prosseguir nas carreiras STEM (Sanders, 2009).

Iniciado nos Estados Unidos da América (EUA), a educação STEM disseminou-se para países que se identificaram com o cenário da falta de interesse dos estudantes em seguir as carreiras STEM. O Brasil não tem um histórico que caracterize a diminuição do interesse pelas carreiras em Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática, e apesar da educação STEM não ser parte da política nacional de educação, esta pode ser uma maneira de despertar o interesse por tais carreiras.

Não há ações declaradamente associadas à educação STEM no Brasil, mas o Ministério da Ciência e Tecnologia (MCT) do Brasil, desde 2002, promove e incentiva projetos como a *Semana das Ciências e Tecnologias* (SNCT) que ocorre anualmente, estando na décima sexta edição, em 2019, cujo tema deste ano é Bioeconomia: Diversidade e Riqueza para o Desenvolvimento Sustentável. Este projeto tem abrangência nacional, sendo que, em 2018, foram quase 95 mil atividades em 1.506 municípios brasileiros de todos os Estados, envolvendo mais de 1.500 instituições. Coordenada pelo Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações e Comunicações, a SNCT é o maior evento de popularização da Ciência no Brasil e conta com a colaboração de universidades e instituições de pesquisa; escolas; institutos de ensino tecnológico; centros e museus de C&T; entidades científicas; fundações de apoio à pesquisa; parques ambientais, unidades de conservação, jardins botânicos e zoológicos; secretarias estaduais e municipais de C&T e de educação; empresas públicas e privadas; ONGs e outras entidades da sociedade civil (Brasil, 2019).

A educação STEM tem como objetivo levar para a sala de aula temas contemporâneos das áreas de exatas, buscando incorporar: computação, robótica, programação, engenharia, tecnologia, design, ambientes virtuais, aplicativos, smartphones, games, com uma abordagem criativa e com tarefas desafiadoras.

Entende-se que a educação STEM deve explorar o ensino e a aprendizagem que envolva dois ou mais dos temas STEM, usando a transdisciplinaridade, engajando o aluno em atividades com este enfoque. Ressalta-se que a educação STEM não é uma metodologia, mas um movimento de transformação da escola, do currículo e das metodologias de ensino, caracteriza-se pelo trabalho com as áreas STEM, exigindo mais do que reunir as quatro áreas dentro de uma sala de aula (Sanders, 2009).

Além de preconizar uma integração entre as áreas, a educação STEM tem como referência a aprendizagem baseada em projetos, propondo atividades do tipo *hands-on*, que não podem ser consideradas como sendo atividades com abordagens construtivista e sim uma educação que valoriza a ação dos estudantes, o educar pela pesquisa, a discussão, a reflexão e o trabalho com situações problemas da vida moderna. Segundo Berndt e Groenwald (2009), é por meio dos projetos que se busca respostas para perguntas que estão relacionadas a um tema previamente escolhidos pelos alunos, professores ou outros que fazem parte do ambiente escolar.

Outra característica da educação STEM é que, além das atividades executadas envolverem os conhecimentos de mais de uma área, estas são organizadas de maneira que os alunos sejam estimulados a ações participativas, que buscam uma socialização entre os pares, característica da prática profissional consideradas como uma das habilidades do século 21 (Bybee, 2010). Sendo assim, a escola passa a ser o agente transformador do estudante, com a preparação deste para a vida profissional desenvolvendo as competências necessárias para o desempenho das atividades profissionais (Breiner, Johnson, Harkness, & Koehler, 2012).

Em 2006, quinze anos após o surgimento da abordagem educação STEM, os dados apresentados pelos estudos da OECD (2006) e o relatório europeu *Science Education Now* (Rocard, Csermely, Jorde, Walberg-Henriksson, & Hemmo, 2007) mostravam que ainda persistia a crescente falta de interesse pelas carreiras STEM. Em 2005 o relatório *Europeans, Science and Technology* (Eurobarometer, 2005), identificou que mais de 80% dos europeus consideravam que o interesse dos jovens pela Ciência seria essencial para a prosperidade futura da Europa, mas com 50% da população entrevistada considerando que as aulas de Ciências na escola não são suficientemente atraentes.

Com base nessas informações, o Parlamento Europeu e o Conselho propuseram, em 2006, a *Recomendação sobre as Competências Essenciais para a Aprendizagem ao Longo da Vida*, sendo então atualizada em 2018. Assim como os EUA, a Europa mantém em sua proposta atual ações para motivar os jovens a seguirem as carreiras das ciências, mas agora ampliando as relações entre os temas, estabelecendo uma ligação também com as ciências da educação, artes e outras disciplinas para o desenvolvimento de competências nos domínios das Ciências, Tecnologia, Engenharia e Matemática (Comissão Europeia, 2018).

Neste sentido, neste artigo apresentam-se simuladores de braços robóticos desenvolvidos para a realização de ações educativas para a aprendizagem dos conteúdos matemáticos: representação polar, trigonometria no triângulo retângulo e relações trigonométricas. Os objetos de aprendizagem¹ apresentados simulam fenômenos da realidade em um ambiente virtual desenvolvido no *software* GeoGebra, são indicados para serem trabalhados com estudantes do 1º ou 2º anos do Ensino Médio.

SIMULADORES NA EDUCAÇÃO

O apelo tecnológico dos ambientes virtuais e dos jogos é considerado, pela educação STEM, potenciais ferramentas integradoras para o desenvolvimento de atividades para a formação das competências da vida profissional. Uma característica importante da simulação é que a reprodução de um ambiente ou modelo se baseia em algum comportamento da realidade, ou fenômeno científico ou natural (D'Angelo et al., 2014; Psotka, 2013).

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 (D'Angelo et al., 2014).

Apesar de reproduzirem um modelo ou ambiente, é importante que se ressalte a diferença entre os emuladores e simuladores. Um emulador representa na íntegra o ambiente ou modelo na qual ocorre as interações, sendo bem conhecidos na computação para o desenvolvimento de programas para diferentes plataformas ou dispositivos, como é o caso dos celulares. Deste modo, o desenvolvedor testa seus programas em emuladores de celulares que permitem a realização dos testes em um ambiente que é igual ao real, sem realmente dispor dos aparelhos celulares. Enquanto o emulador representa a realidade, o simulador reproduz as condições de uma determinada atividade, funcionando como um sistema que imita as circunstâncias reais podendo adotar diferentes graus de realidade, reproduzindo parte dos fenômenos que realmente não estão ocorrendo.

Apesar das tecnologias estarem em praticamente todas as áreas, a robótica tem a tecnologia fortemente associada a ela, em grande parte pela cultura do cinema e da TV que apresentam autômatos dotados de inteligência artificial que, excetuando os sentimentos são, em muitas situações, mais eficientes do que os seres humanos.

A cultura *Maker*,² na educação STEM, vê a robótica e os simuladores como um instrumento para os estudos envolvendo Matemática e Engenharia (Stohlmann, Moore, & Roehrig, 2012; Wu & Anderson, 2015). Programas como o *LEGO Education*, com

¹ Objetos de aprendizagem são qualquer entidade, digital ou não, que pode ser utilizada, reutilizada ou referenciada durante o processo de aprendizagem que utilize tecnologia IEEE (Institute of Electrical and Electronics Engineers, 2002).

² A cultura *Maker* faz parte de um movimento no qual os indivíduos utilizam as tecnologias para produzir e compartilhar artefatos com uma comunidade mais ampla. Na educação o aprender ocorre pelas experiências práticas, pesquisando, levantando hipóteses trabalhando colaborativamente (Cohen, Jones, Smith, & Calandra, 2017).

mais de 37 anos trabalhando com professores e profissionais da educação, tem se mobilizado, juntamente com os professores, para que os alunos sejam preparados para os desafios da vida futura, desenvolvendo habilidades como criação, trabalho colaborativo e aprendizagem contínua (Lego, 2019). Essas e outras iniciativas que trabalham com robótica têm um alto custo de implementação e execução, não sendo assim uma prática realizável considerando o âmbito geral das escolas públicas.

Neste caso, os simuladores são uma possibilidade para o desenvolvimento do processo de ensinar, permitindo aos estudantes o contato com a robótica, com a vantagem de se trabalhar com robôs com diferentes graus de realidade, permitindo a simplificação das atividades a serem executadas, permitindo explorar situações pontuais com conceitos matemáticos aplicados nas Engenharias.

Um dos conhecimentos básicos em braços robóticos é a compreensão dos movimentos no espaço; logo se faz necessário a representação do ponto no espaço e as transformações lineares para a solução de problemas de movimentação robótica. A representação do ponto no plano por coordenadas retangulares é vista no Ensino Fundamental e forma a base para a representação gráfica de funções (assunto do Ensino Médio). Na Matemática, a representação polar é utilizada para a representação geométrica dos números complexos, mas também é, particularmente, útil na representação de fenômenos os quais envolvem a distância e a sua posição angular de um ponto, como é o caso dos radares da navegação marítima e aérea, os cálculos das órbitas planetárias, e as posições dos braços robóticos que manipulam objetos no plano.

A seguir, apresentam-se dois exemplos de simuladores que podem ser utilizados com estudantes do Ensino Médio.

SIMULADORES ROBÓTICOS

Segundo Moore e Smith (2014), há dois modos de integrar conteúdo e Engenharia. Um modo é fazer a integração de contexto no qual o projeto de Engenharia serve como um motivador para a aprendizagem de algum conteúdo de Matemática/Ciências, ou seja, a Engenharia não é o objetivo de aprendizagem, cujo foco é centrado nos conteúdos necessários para a resolução do problema de Engenharia; a outra maneira é a integração do conteúdo de Matemática/Ciências com o pensamento de Engenharia, de maneira que o objetivo de aprendizagem também inclua a aprendizagem de Engenharia.

Realizou-se, dentro da integração de conteúdo, atividades envolvendo Tecnologia e Matemática, as quais apresentam problemas de manipulação de braços robóticos, desenvolvidos no *software* GeoGebra, como uma alternativa para propiciar o contato com a robótica através das Tecnologias Digitais, envolvendo situações reais cuja resolução envolvem os conteúdos matemáticos.

Ressalta-se que o uso de braços robóticos reais envolve um aparato tecnológico e cuidados com os mecanismos dos mesmos que podem apresentar defeitos decorrentes

de uso indevido, além disso alguns modelos reais não são facilmente transportáveis em quantidade, dificultando o uso em sala de aula. Deste modo, os simuladores digitais apresentam vantagens, tais como: não se quebram, não precisam ser transportados, não requerem configuração ou ajustes mecânicos, permitem a simplificação da realidade possibilitando manter o foco no objeto de estudo.

SIMULADOR 1

O simulador 1 apresenta um braço robótico com 2 graus de liberdade: rotação transversal que permite a rotação do braço sobre o eixo principal; radial transversal com a movimentação de aproximação e afastamento da garra ou punho em relação a base.

Os modelos desenvolvidos foram simplificados, evitando a sobrecarga do computador nos cálculos necessários para a movimentação do braço e diminuindo o grau de complexidade do problema em comparação com os comandos e cálculos necessários para a movimentação de um braço robótico real.

Enquanto um braço robótico, semelhante ao da Figura 1, com três juntas de revolução e uma prismática apresenta quatro graus de liberdade, representados pelas setas vermelhas e verdes, o simulador desenvolvido representa somente dois graus de liberdade indicados pelas setas verdes.

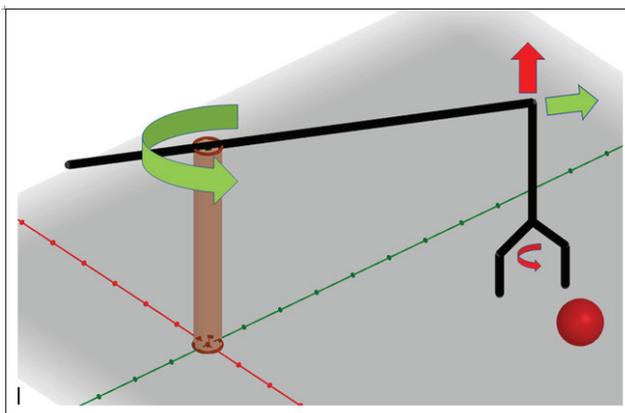


Figura 1. Braço robótico com três juntas de revolução e uma prismática.

Fonte: elaborado pelo autor.

O simulador desenvolvido é dividido em três telas (Figura 2): a tela da esquerda destina-se aos comandos, na qual se informa a distância que o punho deve se afastar da base e o ângulo de rotação, podendo este ser dado em valores positivos ou negativos que se traduzem nos movimentos anti-horário e horário respectivamente; a tela do CAS (*Computer Algebra System*), do *software* GeoGebra, é utilizada para os cálculos

necessários e a janela tridimensional para a visualização do braço robótico. O simulador dispõe de um controle para limitar o posicionamento aleatório da bola somente ao primeiro quadrante, quando pressionado o botão *Nova bola*, diminuindo o grau de complexidade da situação problema. Entende-se que as primeiras situações a serem resolvidas pelos estudantes devem ser no primeiro quadrante e, após o entendimento das mesmas, é possível que a bola se posicione em qualquer quadrante.

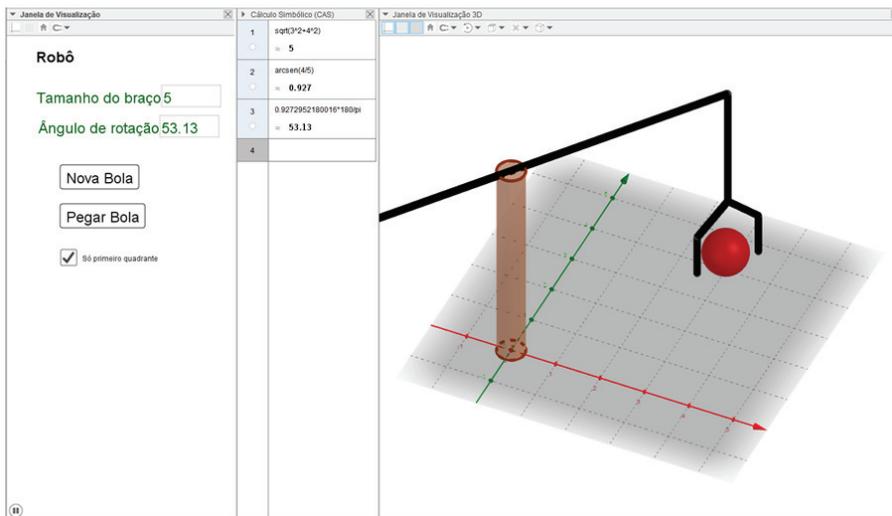


Figura 2. Simulador de braço robótico 1.

Fonte: elaborado pelo autor.

O aluno, após fornecer os valores de extensão e ângulo de rotação do braço robótico, deve pressionar o botão *Pegar bola* para que o braço inicie o movimento de pegar da bola e trazer até próximo da base na coordenada (1,0).

A atividade apresenta uma atividade com a compreensão empírica das ações do braço robótico, mas, para que o mesmo realize a ação adequadamente, é necessário o uso da trigonometria do triângulo retângulo, das razões trigonométricas e das funções trigonométricas inversas para o cálculo dos valores a serem fornecidos ao simulador. A possibilidade de mudança do ponto de vista do simulador na janela tridimensional, permite que o aluno identifique a correta posição da bola sobre o plano XY.

PROPOSTA DE ATIVIDADE COM O SIMULADOR 1

A atividade pode ser iniciada como uma atividade livre com o objetivo de pegar a bola, sugerindo que o estudante coloque, arbitrariamente a medida do ângulo e quanto o braço deve estender para pegar a bola com sucesso. Após algumas tentativas, o aluno verifica que a garra chega perto, mas não consegue pegar a bola; deste modo o mesmo é

levado a se questionar como chegar a valores mais precisos para que ele tenha êxito na ação. Neste momento o professor, de acordo com o tempo disponível para a atividade deve, atuando como um mediador, orienta os alunos na resolução de problemas, com perguntas como:

- Considerando a vista por cima, qual objeto matemático é visto quando o braço alcança a bola?
- Considerando as coordenadas da bola, qual o tamanho do braço do robô?
- Como calcular o tamanho do braço?

As perguntas objetivam que os alunos discutam e identifiquem o triângulo retângulo e utilizem as relações trigonométricas (Teorema de Pitágoras) para calcular quanto o braço deve estender, assim como, quanto o braço deve rotacionar, ao realizar o cálculo, utilizando as razões trigonométricas e as respectivas funções trigonométricas inversas:

$$\begin{aligned} \text{sen}(\theta) &= \frac{\text{cateto oposto}}{\text{hipotenusa}} \\ \text{cos}(\theta) &= \frac{\text{cateto adjacente}}{\text{hipotenusa}} \\ \text{tan}(\theta) &= \frac{\text{cateto oposto}}{\text{cateto adjacente}} \end{aligned}$$

O *software* Geogebra é pouco explorado como (CAS), podendo, na atividade proposta, ser utilizado no lugar da calculadora. A Figura 3 apresenta os comandos na janela CAS para os cálculos da extensão e rotação do braço robótico. É importante a introdução sobre a notação matemática e os comandos matemáticos para computadores.

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

Figura 3. Comandos do CAS para cálculo da extensão e rotação do braço robótico.

Fonte: o autor.

Para a realização dos cálculos, o aluno pode utilizar do mesmo recurso do CAS para o cálculo do valor da hipotenusa, assim como o cálculo do ângulo de rotação. O aluno deve ser orientado que o CAS trabalha com medidas em radianos e que, no caso, o simulador precisa da informação de rotação em graus, logo deve ser realizada a conversão de grandezas, antes de informar ao simulador o resultado do ângulo.

Com este simulador, o aluno tem contato com a representação polar de maneira prática e aplicada a um contexto de realidade simulada. A organização da atividade antes da apresentação dos números complexos na forma polar, que requer um grau de abstração maior, permite que o aluno visualize e aplique adequadamente as relações trigonométricas, visualizando uma aplicação para este conteúdo matemático.

SIMULADOR 2

O segundo simulador apresenta um braço robótico simplificado de cinco para três graus de liberdade, sendo que o movimento transversal do primeiro segmento e da garra são gerenciados pelo próprio simulador. Deste modo, o aluno deve informar o ângulo de rotação e o ângulo da articulação central do braço robótico que se converte na distância entre base do braço robótico e a bola que o braço deve pegar.

Basicamente, os dois simuladores requerem que o aluno utilize a representação polar, para que o braço robótico realize a ação de pegar a bola vermelha, mas o segundo simulador, ao representar um braço articulado, traz consigo a necessidade do uso e aplicação de outras ferramentas matemáticas para a conversão da distância entre a base e a bola no ângulo de abertura entre os dois segmentos do braço robótico.

Para o cálculo do ângulo da articulação do braço, o aluno utiliza o teorema de Pitágoras associado à soma dos ângulos internos do triângulo; isto por que os dois segmentos têm o mesmo comprimento, logo forma-se um triângulo isósceles entre os segmentos do braço robótico e o segmento que representa a distância da base à bola (Figura 4).

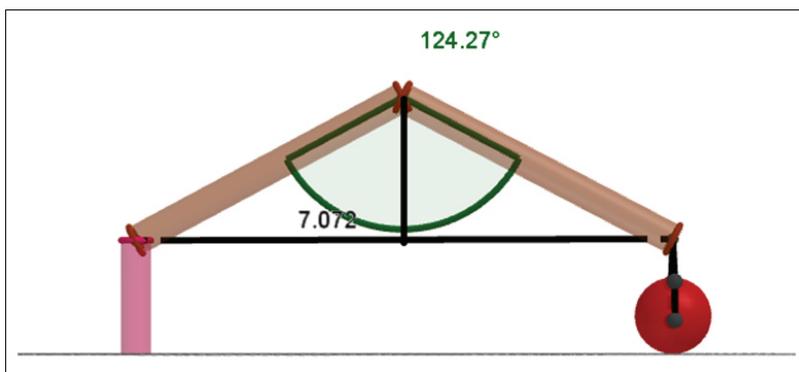


Figura 4. Posição do braço robótico ao pegar a bola.

Fonte: o autor.

Caso o aluno esteja familiarizado com a Lei dos cossenos, é possível aplicá-la diretamente para o cálculo do ângulo de abertura que tem a distância entre a base e a bola como o lado oposto ao ângulo. O CAS do *software* Geogebra calcula numericamente

as equações que permitem o cálculo do ângulo utilizando x para denotar o ângulo na lei dos cossenos, não havendo a necessidade do aluno realizar as manipulações algébricas para isolar o x . Apresentam-se os cálculos referidos na Figura 5.

Cálculo Simbólico (CAS)		Comandos do CAS
1	$\text{sqrt}(5^2+5^2)$ ≈ 7.071	O comando calcula $\sqrt{5^2 + 5^2}$
2	$7.071^2=4^2+4^2-2*4*4*\cos(x),x=1$ ResolverNumericamente: $\{x = 2.168\}$	Cálculo do ângulo oposto ao segmento do triângulo que representa a distância da base à bola.
3	$2.168*180/\pi$ ≈ 124.217	Cálculo para a conversão de radianos em graus
4	$\text{sen}^{-1}(5/7.071)$ ≈ 0.785	O ângulo de rotação é dado por $\text{arcsen}\left(\frac{3}{5,830951894845}\right)$
5	$0.7854077535814*180/\pi$ ≈ 45.001	Cálculo para a conversão de radianos em graus

Figura 5. Comandos do CAS para cálculo do ângulo de abertura e rotação do braço robótico.
Fonte: o autor.

Na Figura 6, tem-se uma situação com a bola na coordenada (5,5) que por sua vez está a uma distância de 7,071 da base na origem, que pela Lei dos cossenos:

$$7,071^2 = 4^2 + 4^2 - 2 * 4 * 4 * \cos(x)$$

Utilizando o CAS para o cálculo do ângulo, tem-se o valor de x em 2.168 radianos, sendo necessária a conversão para ser informado ao simulador o valor do ângulo em graus. Esta necessidade leva os estudantes a buscarem o conhecimento necessário para a atividade e, através da razão:

$$\frac{\text{ângulo em graus}}{180^\circ} = \frac{2.168}{\pi}$$

$$\text{ângulo em graus} = \frac{2.168 * 180^\circ}{\pi}$$

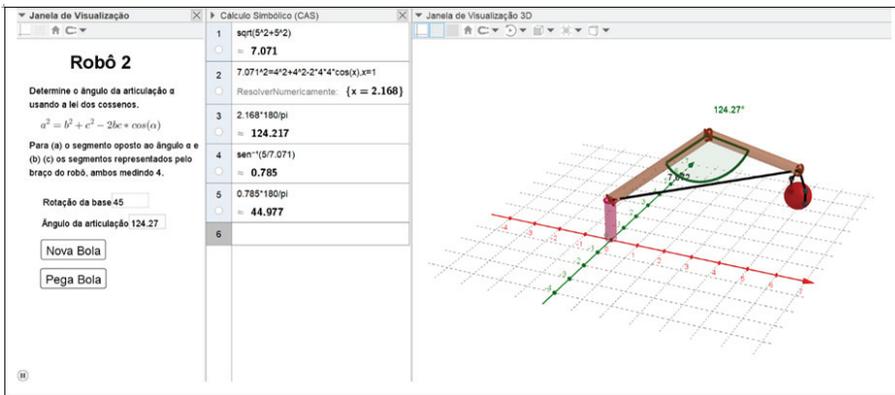


Figura 6. Simulador robótico 2 para aprendizagem da representação polar

Fonte: O autor.

O movimento transversal do segmento ligado à base e da garra para que a mesma permaneça perpendicular ao plano é gerenciado pelo próprio simulador. Ao diminuir o grau de realismo em um simulador, busca-se deixá-lo adequado aos conhecimentos do aluno que trabalha com o mesmo.

Caminho metodológico

O objetivo geral desta investigação³ foi identificar as contribuições do uso de simuladores, utilizando tecnologias digitais, como estratégia no processo de ensino e aprendizagem dentro do contexto de integração de conteúdos da Matemática na Engenharia e Tecnologia.

A investigação seguiu as seguintes ações:

- Estudo de metodologias para o desenvolvimento do processo de ensino e aprendizagem da Matemática na perspectiva de uma educação nos pressupostos STEM;
- Desenvolvimento de simuladores robóticos interativos para a aprendizagem das representações polares, no *software* GeoGebra;
- Desenvolvimento de um experimento, para validação dos simuladores desenvolvidos, com estudantes de Licenciatura em Matemática, da Universidade Luterana do Brasil (ULBRA);

³ Pesquisa aprovada pelo comitê de ética com o parecer 1.755.470.

Análise dos resultados

O experimento ocorreu em 3 horas aulas, com 5 alunos matriculados na disciplina de Estágio em Matemática II, do curso de Matemática Licenciatura da ULBRA.

Do grupo de cinco alunos, tem-se que três estão no 5º semestre, um no 6º semestre e um no 7º semestre do curso; dois alunos lecionam, no Ensino Fundamental e um leciona em turmas do Ensino Médio.

Para a realização da atividade, foram utilizados cinco notebooks do laboratório de Matemática, com os alunos trabalhando individualmente; porém, ocorreram discussões coletivas sobre como resolver as atividades com os simuladores e com reflexões sobre as atividades.

Segundo os mesmos, foi possível utilizar uma aplicação prática e interessante do triângulo retângulo e a lei dos cossenos; um dos alunos achou relevante mostrar um vídeo de uma retroescavadeira ou de um robô de fábrica antes do desenvolvimento das atividades com os simuladores, para que eles vissem que os robôs não estão somente nos filmes, mas são utilizados na vida real.

Durante a atividade, um dos alunos não conseguia resolver o ângulo de abertura do braço robótico, para pegar a bola na posição (6,6) no plano, ou seja, a bola distanciava 8,845 da base. Isso acarretou em um esforço do grupo em solucionar o problema pois eles não conseguiam determinar o valor de x para:

$$8,845^2 = 4^2 + 4^2 - 2 * 4 * 4 * \cos(x)$$

Depois de algum tempo de discussão e do porquê o braço não alcançava a bola, um dos alunos perguntou qual o valor do $\arccos(1.25)$ e outro aluno respondeu que não existia um ângulo cujo cosseno seria maior que 1. Analisando a situação problema os alunos se deram por conta que tendo um braço composto de dois segmentos de 4 unidades, seria impossível pegar uma bola que estava 8,845 distante da base.

A geração de uma coordenada aleatória contempla a restrição da coordenada (0,0) pois a base do robô está nesta coordenada, não sendo considerada a limitação desta situação na rotina geradora de coordenadas. Apesar disto, a situação levou a uma discussão frutífera sobre a interpretação dos resultados dos cálculos realizados, e a validação do valor dentro do contexto no qual está inserido.

Por se tratarem de alunos do curso de Licenciatura em Matemática, as discussões também foram sobre como realizar a atividade com alunos do Ensino Médio, salientando a importância que os estudantes sejam protagonistas e o professor um mediador do processo; assim como a atividade deve ser realizada de modo colaborativo, em duplas ou grupos, para seja possível a discussão da resolução e apresentação dos resultados obtidos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A atividade realizada com os objetos de aprendizagem permitiu verificar que, em uma situação problema aberta, os alunos buscaram primeiramente resolver por tentativa e erro. Após várias tentativas, foi informado a eles que, se os valores não tivessem uma precisão de centésimos, o robô não pegaria a bola. Neste momento, começaram as discussões sobre como resolver o problema e quais instrumentos matemáticos poderiam ser utilizados para resolvê-lo, migrando de uma ação individual para uma colaborativa, com cada um utilizando os conhecimentos discutidos para solucionar o seu problema individual, já que cada um tinha a bola em uma coordenada diferente em seu simulador.

Devido ao caráter da atividade em grupo, os comentários sobre os simuladores acabaram não sendo individuais, mas iniciados por um e complementado pelos demais, que foram pertinentes para a continuidade do desenvolvimento dos simuladores. Foi sugerido que se colocasse a sobra dos braços robóticos no plano, como em uma situação real, que facilitaria na identificação do triângulo retângulo; que se retira o segmento de ligação entre a base e a garra, colocando a informação da distância na sombra do braço; que se incluísse o valor do ângulo de rotação do braço; e por fim se seria possível o desenvolvimento de um braço robótico para pegar objetos no espaço e não somente no plano.

Considera-se que a atividade, dentro do contexto de integração de conteúdo matemático em uma situação problema de Engenharia e Tecnologia, está adequado ao objetivo primordial proposto de compreensão da representação polar como outra maneira de representação do ponto no plano. Sendo os conteúdos matemáticos necessários para a atividade trabalhados no Ensino Médio, se considera que os simuladores propostos são indicados para desenvolvimento para este nível escolar.

Declaração de disponibilidade de dados

O compartilhamento de dados não é aplicável a este artigo. Os simuladores desenvolvidos encontram-se disponíveis no site do Programa de Pós-graduação em Ensino de Ciências e Matemática, em <http://www.ppgcim.ulbra.br/math/geo/robo/>.

REFERÊNCIAS

- Berndt, S., & Groenwald, C. L. O. (2009). Ensino da matemática na 5ª série do ensino fundamental: uma proposta com o tema transversal trabalho e consumo. In C. Maranhão (Ed.), *Educação Matemática: nos anos finais do Ensino Fundamental e no Ensino Médio. Pesquisas e perspectivas* (pp.212–233). Canoas: Musa Editora.
- Brasil. (2019). Semana Nacional de Ciência e Tecnologia. Retrieved from <https://snct.mctic.gov.br/semanact/opencms/noticias/index.html>.

- Breiner, J. M., Johnson, C. C., Harkness, S. S., & Koehler, C. M. (2012). What Is STEM ? A Discussion About Conceptions of STEM in Education and Partnerships. *School Science and Mathematics*, 112(1), 3–11.
- Bybee, B. R. W. (2010). Advancing STEM Education : A 2020 Vision. *Technology and Engineering Teacher*, (September 2010), 30–36.
- Cohen, J., Jones, W. M., Smith, S., & Calandra, B. (2017). Makification: Towards a framework for leveraging the maker movement in formal education. *Journal of Educational Multimedia and Hypermedia*, 26(3), 217–229.
- Comissão Europeia. (2018). *Recomendação do Conselho sobre as Competências Essenciais para a Aprendizagem ao Longo da Vida*. Bruxelas.
- D'Angelo, C., Rutstein, D., Harris, C., Bernard, R., Borokhovski, E., & Haertel, G. (2014). *Simulations for STEM Learning : Systematic Review and Meta-Analysis*. Melo Park, CA: SRI Education.
- Eurobarometer. (2005). *Europeans , Science and Technology*. Bruxelas.
- Institute of Electrical and Electronics Engineers. (2002). IEEE Standard For Learning Object Metadata. Retrieved March 5, 2013, from <http://grouper.ieee.org/groups/ltsc/wg12/>.
- Lego. (2019). Lego Education. Retrieved July 23, 2019, from <https://education.lego.com/en-us/about-us>.
- Moore, T. J., & Smith, K. A. (2014). Advancing the State of the Art of STEM Integration. *Journal of STEM Education*, 15(1), 5–11.
- OECD. (2006). Graduate Education in Physics: The Path Ahead – A Conference to Discuss the Status and Future of Graduate Education in Physics. *Policy Report*, 31(3), 127–149. <https://doi.org/10.1056/nejm193907202210308>.
- Psotka, J. (2013). Educational Games and Virtual Reality as Disruptive Technologies. *Educational Technology & Society*, 16(2), 69–80.
- Rocard, M., Csermely, P., Jorde, D., Walberg-Henriksson, H., & Hemmo, V. (2007). A Renewed Pedagogy for the Future of Europe. *Economy and Society*, 29. Retrieved from http://ec.europa.eu/research/science-society/document_library/pdf_06/report-rocard-on-science-education_en.pdf.
- Sanders, M. (2009). STEM, STEM Education, STEMmania, 20–27.
- Stohlmann, M., Moore, T. J., & Roehrig, G. H. (2012). Considerations for Teaching Integrated STEM Education. *Journal of Pre-College Engineering Education Research*, 2(1). <https://doi.org/10.5703/1288284314653>.
- Wu, Y., & Anderson, O. R. (2015). Technology-enhanced STEM (science, technology, engineering, and mathematics) education. *Journal of Computers in Education*, 2(3), 245–249. <https://doi.org/10.1007/s40692-015-0041-2>.