

Conexões entre a Biomecânica do corpo humano e a Matemática: Construção de um braço robótico

Resumo:

Por ser uma ciência interdisciplinar, a biomecânica emprega princípios matemáticos e físicos para modelar e interpretar sistemas biológicos. O presente estudo destaca a matemática na investigação do movimento humano, explorando a ligação entre biomecânica e matemática. Objetivando uma aplicação prática aliada ao uso de tecnologias, neste artigo apresentamos a descrição do processo de construção de um braço robótico, exposto em oficinas de tecnologias oferecidas pelo projeto de extensão Matemática Suave. Na codificação utilizamos a plataforma do *Tinkercad* e o controlador do Arduino, os quais aliados permitiram que motores movimentem os elos tornando uma cinemática aberta. Nos fundamentamos teoricamente na Robótica Educacional. As oficinas em tecnologias educacionais com o *Scratch* aliadas à exposição do braço robótico mostraram o potencial da biomecânica e sua interdisciplinaridade e permitiram estimular o interesse dos estudantes por ciência exatas e tecnologia, de forma divertida e prática.

Palavras-chaves: Biomecânica. Arduino. Robótica. Matemática. Interdisciplinaridade.

1 Introdução

A biomecânica do movimento humano é uma ciência interdisciplinar que descreve, analisa e avalia os padrões de locomoção e suas implicações (Winter, 2009). Esse campo integra diversas áreas do conhecimento, como matemática, estatística, biologia, educação física e física, possibilitando uma compreensão abrangente dos fenômenos biomecânicos (Souto, Lima e Almeida, 2022).

Dentro desse contexto, a matemática desempenha um papel essencial na biomecânica, tanto na quantificação quanto na qualificação do movimento humano. Ela fornece ferramentas fundamentais que possibilitam modelagem, descrição e previsão de fenômenos biomecânicos (Souto, Lima e Almeida, 2022). Sua aplicação abrange desde a modelagem de sistemas musculoesqueléticos até a análise de forças, deslocamentos e deformações em tecidos biológicos. Além disso, a matemática é crucial para avaliar tensões e deformações que atuam sobre ossos e músculos quando submetidos a

Afonso Henrique Oliveira de Souza

Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus, BA – Brasil

 <http://orcid.org/0009-0001-2169-5388>
✉ afonsosouza886@gmail.com

Geizane Lima da Silva

Universidade Estadual de Santa Cruz
Ilhéus, BA – Brasil

 <https://orcid.org/0000-0002-7257-2281>
✉ glsilva@uesc.br

Recebido • 04/04/2025
Aprovado • 05/06/2025
Publicado • 08/08/2025

Comunicação Científica

forças externas, servindo não apenas como base teórica para a biomecânica, mas também como elemento ampliador de suas possibilidades de aplicação prática. Essa combinação faz da matemática uma ferramenta indispensável tanto para a investigação quanto para compreensão aprofundada do movimento humano (Hermani, 2000; UNIPAMPA, 2024).

Sendo um campo interdisciplinar é possível através das relações entre a biomecânica e a matemática conectar conceitos, dando sentido a objetos abstratos da matemática como ponto, reta, plano e ângulo. Permitindo que conceitos de difícil compreensão possam ser entendidos, além de gerar maior participação dos estudantes no processo de construção do conhecimento e gerar interesse, engajamento e motivação nas aulas de matemática.

A Base Nacional Comum Curricular (BNCC) salienta a necessidade de se trazer questões da vivência e dia-a-dia do estudante para a sala de aula e a importância da robótica educacional como ferramenta de ensino (Brasil, 2018). As demandas educacionais atuais exigem dos educadores uma abordagem mais abrangente e interativa para o processo de ensino e aprendizagem. As novas tecnologias alteram comportamentos, transformando o “modo de pensar, sentir e viver” (Kensky, 2007, p.21) das pessoas e também alteram as qualificações profissionais, demandando novas habilidades.

No intuito de ampliar a formação dos estudantes e proporcionar uma experiência prática com o funcionamento de equipamentos tecnológicos, são montados laboratórios de robótica, equipados com diversos dispositivos, entre eles os braços robóticos. Esse tipo de equipamento além de ampliar a possibilidade de aprendizado, estimula a participação dos estudantes em competições, aproxima da ciência e tecnologia e possibilita integrar conhecimentos de várias áreas como matemática, física, eletrônica mostrando o conteúdo visto em sala de aula de forma dinâmica, divertida e prática na resolução de problemas reais (CETT, 2023).

O gerente de projetos do Centro de Educação, Trabalho e Tecnologia da Universidade Federal de Goiás, Marcos Dias, salienta que “está de olho nas transformações tecnológicas geradas pelas escolas, os recursos ideais para atender à realidade do mundo do trabalho, no qual os jovens já são parte,” possibilita aos estudantes conhecer a composição de equipamentos e as diversas atividades que podem utilizar de um braço robótico, aprender a programação desses equipamentos e entender o funcionamento da interface de diferentes sistemas (CETT, 2023).

Através do Projeto de Extensão Rede Social Matemática Suave, buscamos explorar as correlações entre a Biomecânica e a Matemática, realizando uma revisão bibliográfica sobre a temática e em seguida, buscamos exemplificar a conexão entre essas disciplinas através da montagem de um braço robótico controlado por Arduino, demonstrando a aplicação dos conceitos biomecânicos no design e controle dos sistemas robóticos. Neste artigo apresentamos as etapas do processo de desenvolvimento do braço robótico e algumas impressões, a partir do nosso olhar, com respeito à exposição do braço robótico para estudantes da Educação Básica.

Acreditamos que tal construção possibilitará a aplicação prática e didática de objetos de conhecimento, especialmente da matemática. Além disso, a partir da exposição desse braço robótico nas oficinas, desenvolvidas pelo projeto, é possível despertar o interesse e estimular os estudantes a

entrar na carreira acadêmica em áreas que envolvem ciência e tecnologia, como matemática, física, ciência da computação e etc.

2 Fundamentação teórica

A interconexão entre a Matemática, a Biomecânica e a Robótica Educacional constitui um poderoso tripé para o aprendizado. Os conceitos e sistemas biológicos estudados na Biomecânica, são inspirações para o design e a programação dos robôs educacionais. Por exemplo, os atuadores que são motores necessários para o movimento do robô, são inspirados nos músculos que segundo a biomecânica geram força e movimento. A matemática cria modelos que permitem simular o comportamento de sistemas biomecânicos e robóticos, sendo a base dos algoritmos de controle utilizados na programação dos robôs (Silva, 2019). A combinação dessas áreas permite uma abordagem interdisciplinar.

2.1 Correlações entre biomecânica e a matemática

A biomecânica emprega princípios de mecânica para investigar o movimento humano, enquanto a matemática providência as ferramentas para quantificar e analisar os movimentos (Hall, 2007).

Alguns exemplos de conceitos matemáticos aplicados na Educação Básica são: **Geometria** - que descreve a forma, posição, orientação, deslocamento, velocidade dos componentes do braço mecânico. **Trigonometria** - ferramenta utilizada para o determinar os ângulos articulares, a decomposição de vetores de força e velocidade, nos diferentes eixos coordenados, permitindo estabelecer a trajetória de movimento. (SENAI, 2004).

Já na Educação Superior temos: **Geometria Analítica** - estudo dos vetores, o módulo, direção e sentido. Precisamos da álgebra vetorial para a representação, operações e decomposição de forças que atuam sobre o corpo. **Álgebra Linear** - permite realizar a transformação de coordenadas e a representação do movimento em espaços multidimensionais; **Cálculo Diferencial e Integral** - permite o cálculo de velocidades, por meio da derivada do vetor posição ($x(t)$), enquanto que as acelerações podem ser obtidas por meio das derivadas do vetor velocidade ($v(t)$). Além disso, utilizamos a integração para, a partir das derivadas do vetor posição, obter o deslocamento e a partir das derivadas, do vetor aceleração, obter a velocidade (UNIPAMPA, 2020). **Otimização** possibilita encontrar a melhor configuração do braço robótico, maximizando a amplitude do movimento (Spong, Hutchinson, e Vidyasagar, 2006). **Robótica** - que utiliza os conceitos da biomecânica, matemática e física para projetar, construir e operar robôs, inclusive braços robóticos (Mataric, 2017). Observamos uma grande variedade de conteúdos da Matemática e da Física que podem ser explorados quando abordamos a temática da Biomecânica do Movimento Humano (Silva, 2019; Hermani, 2000).

Além disso, temos alguns modelos como, por exemplo, a 2ª lei de Newton ($F=M.a$), também conhecida como Princípio Fundamental da Dinâmica, que descreve a relação entre força (F), massa (M) e aceleração (a), permitindo, além do cálculo do deslocamento, da velocidade e da aceleração do movimento, entender como a força aplicada a um objeto afeta o seu movimento. Este é um conteúdo que é abordado na disciplina de Física no Ensino Médio.

Modelos matemáticos que simulam o comportamento de músculos e ossos auxiliam na investigação da biomecânica articular e no estudo das alavancas corporais, tornando a análise do movimento humano mais precisa e aplicável a diversas áreas da saúde e do esporte (UNIPAMPA, 2020).

2.2 Robótica educacional

Segundo Mataric (2014, p. 21), a robótica é definida como “o estudo dos robôs, o que significa que é o estudo da sua capacidade de sentir e agir no mundo físico de forma autônoma e intencional”. Utilizar a robótica possibilita promover o desenvolvimento de habilidades essenciais, como pensamento crítico, resolução de problemas, raciocínio lógico, trabalho em equipe, favorece o protagonismo do estudante além de ser um poderoso instrumento para motivar os estudantes a aprenderem (Silva, 2018; Andriola, 2021; Theobald *et al.*, 2025).

A robótica educacional é uma abordagem pedagógica que utiliza robôs como ferramentas de ensino, integrando disciplinas como matemática, física e programação, proporcionando uma aprendizagem prática e interdisciplinar (Theobald *et al.*, 2025). Nasceu das ideias de Seymour Papert com seu método Construcionista que tem por base teórica o Construtivismo de Piaget. Segundo Papert (*Apud* Silva, 2024, p.18) a aprendizagem “ocorre de uma maneira mais descontraída quando se constrói um artefato em grupo”. Através do uso de robôs/computadores é possível “ampliar uma gama de oportunidades para a construção do conhecimento” concreto (Silva, 2024, p.22).

Albuquerque (2018 *Apud* Silva, 2024) e Albuquerque *et al.* (2019 *Apud* Silva, 2024) listam algumas competências que podem ser desenvolvidas através de atividades que usam a Robótica Educacional, as quais destaco: **Competências Psicomotoras** - Concentração e desenvolvimento da orientação espacial e temporal; **Competências Cognitivas** - Estímulo a aplicação de teorias a atividades concretas, desenvolvimento da criatividade dos alunos, utilização de conceitos aprendidos noutras áreas do conhecimento, proporciona a curiosidade pela pesquisa levando ao desenvolvimento intelectual do aluno; **Competências Afetivas** - Estimula ao crescimento individual através da troca de projetos e ideias, desenvolve o sentido de responsabilidade, desperta a curiosidade, permite a resolução de problemas através de acertos e erros.

Através de experiências práticas e soluções inovadoras da robótica é possível a construção de um aprendizado integrado e significativo, porém isso exige que os estudantes utilizem e relacionem conhecimentos de diversas disciplinas (Segatto e Teixeira, 2021).

A robótica pode funcionar como ponte entre os conceitos estudados pelos estudantes nas várias áreas de conhecimento. Geralmente, os estudantes demonstram mais interesse pelos robôs,

do que a programação em si. Mas, quando motivados a tornar seus robôs mais reais, sentem a necessidade de acrescentar outras ações a serem executadas, como mexer os bracinhos, ter voz, interagir com as pessoas, isso os induz a aprender como fazer a codificação dessas ações (Villaça, 2022; Silva, 2024).

Victor Iglesias, licenciado em matemática e orientador educacional, destaca que a robótica oferece um ambiente prático e envolvente para aplicar conceitos matemáticos de forma concreta. Desde a geometria, para entender as formas e os movimentos dos robôs, até a álgebra, para programar e resolver equações, a matemática está presente em todas as etapas do processo de construção e programação de robôs. A combinação da matemática com a robótica educacional enriquece o ensino e a aprendizagem em sala de aula. Iglesias complementa: "A robótica veio para inovar e para ficar; é inovador tanto para nós, professores, quanto para os estudantes" (Siminova, 2024).

2.3 Braço mecânico ou robótico

Um braço robótico é um dispositivo eletromecânico programável que imita a função de um braço humano de forma eficiente, controlada e autônoma. Seu uso permite ampliar a capacidade humana, promover otimização de processos, redução de custos, além de melhorar questões de segurança e desempenho. Composto por diferentes partes conectadas umas às outras para efetivar movimentos de translação e rotação. Os braços robóticos são essenciais na automação industrial para realizarem tarefas repetitivas, perigosas ou que exigem alta precisão e força. Também são utilizados em tarefas de logística para separação e organização de mercadorias. Na medicina são utilizados para realizar cirurgias de alta precisão e controle, na reabilitação de pacientes, na assistência a pessoas com deficiência física. A educação tem explorado os braços robóticos como uma ferramenta de ensino e aprendizagem (Silva, 2019).

Segundo Rossini (2018), eles são compostos por estrutura mecânica, atuadores, sensores, sistema de controle e *software* que operam de modo integrado. A estrutura mecânica consiste em elos conectados por juntas, as quais determinam os graus de liberdade do sistema. Tais juntas podem ser: prismáticas (movimento linear), rotativas (movimento angular) e esféricas (movimento multidirecional, porém mais complexas). Os atuadores funcionam como "músculos" do braço robótico, fornecendo torque para a movimentação das articulações. Os efetadores, ou "mãos" do robô, interagem com o ambiente. Os sensores permitem a adaptação do braço às condições externas. Sistemas de malha aberta que não utilizam sensores, operam sem retroalimentação, reduzindo a precisão (Silva, M, 2018; Teixeira, 2018)

O controle do braço é feito por dispositivos como CLPs (Controlador Lógico Programável), DSPs (Processador Digital de Sinais) e microcontroladores, que processam dados e enviam comandos aos atuadores (Rossini, 2018). O *firmware*, atua como "*software* embarcado", que são combinações de *software* e *hardware*, que tem por função converter informações dos sensores em comandos para os atuadores, garantindo precisão e eficiência (Silva, 2018; Teixeira, 2018).

2.3 Arduino e Tinkercad

O Arduino é uma plataforma de prototipagem eletrônica de código aberto composta por *hardware* e *software* flexíveis e fáceis de usar, que permite desenvolver projetos que vão desde simples dispositivos eletrônicos até sistemas complexos de automação (Arduino, 2020). Na educação, o Arduino é amplamente utilizado para ensinar conceitos de eletrônica e programação, oferecendo uma maneira prática e acessível de explorar a tecnologia (Hermann e Bulegon, 2023).

Monteiro e Santos (2019) destacam que o uso do Arduino como recurso educacional possibilita a criação de atividades transdisciplinares de baixo custo e qualidade, servindo como complemento ou substituição aos laboratórios tradicionais de ciências. Além disso, o Arduino pode ser empregado no ensino de automação e programação, promovendo o pensamento computacional e a aprendizagem significativa entre os estudantes (Rosa, 2019).

O *Tinkercad* é uma plataforma online gratuita que oferece ferramentas para design 3D, eletrônica e programação. É amplamente utilizada na educação para introduzir conceitos de modelagem tridimensional e circuitos eletrônicos de forma intuitiva e interativa. Com o *Tinkercad*, os usuários podem criar e simular projetos que envolvem componentes eletrônicos, como os baseados em Arduino, permitindo uma compreensão mais profunda dos princípios de funcionamento antes da implementação física. O uso do *Tinkercad*, aliado à impressão 3D, facilita a educação interdisciplinar que contemplava apenas Ciência, Tecnologia, Engenharia e Matemática, com foco no design de engenharia (Barbosa, Vale e Alvarenga, 2024).

Essa abordagem facilita o aprendizado prático e reduz barreiras técnicas para iniciantes no campo da eletrônica e programação. Além disso, estudos indicam que o *Tinkercad* é uma ferramenta acessível via *web*, que fornece recursos para projetos tridimensionais, simulações, projetos de circuitos eletrônicos e programação para robótica, especificamente para o Arduino (Monteiro e Santos, 2019).

A integração do Arduino com ferramentas como o *Tinkercad* tem se mostrado eficaz na promoção da cultura digital entre estudantes da Educação Básica, alinhando-se às diretrizes da BNCC. Brando, Dutra e Furtado (2021) propõem uma metodologia de robótica educacional que utiliza essas ferramentas como instrumento para reduzir a evasão em escolas públicas.

3 Caminhos metodológicos

O trabalho possui uma abordagem exploratória, qualitativa e descritiva. Para atingir os objetivos propostos, uma pesquisa bibliográfica explorou a Biomecânica e sua relação com a Matemática, a Robótica Educacional e a construção de braços robóticos por meio de plataformas digitais. Em seguida, foram avaliados os custos e o tempo de montagem de kits de robótica em alguns *sites*. Após essa análise, adquirimos um kit de robótica de baixo custo. Os componentes deste kit, utilizados para

a montagem do braço robótico, foram: um Arduino Uno ou equivalente, uma protoboard para Arduino, potenciômetros lineares ou rotativos, quatro servomotores de 9g para as articulações do braço, placa de MDF de 3mm para a estrutura, fios e outros componentes eletrônicos para conexões, além de parafusos e porcas. Para a programação e *upload* do código para o microcontrolador, será utilizada a IDE (Ambiente de Desenvolvimento Integrado) do Arduino, que consiste em um ambiente onde os usuários podem escrever e enviar códigos para serem executados na placa do Arduino.

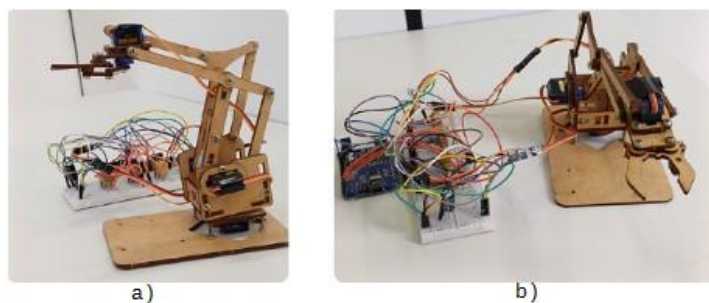
Alguns testes e experimentos foram realizados na tentativa de implementar e estabelecer o controle de movimento do braço robótico. Mas, devido à falta de conhecimento técnico, foi preciso recorrer a ajuda de alguns especialistas. Após ajustes, foi realizada a implementação, na qual programamos os movimentos do braço através da plataforma *Tinkercad* e estabelecemos o controle dos motores utilizando o Arduino. Finalizamos com as exposições do braço robótico em oficinas para estudantes da Educação Básica.

4 Descrição da montagem e programação do braço robótico com arduino

A montagem e a programação foram as etapas centrais deste trabalho. Na montagem, um braço com estrutura em MDF de 3mm, escolhido por sua leveza, resistência e preço acessível, foi construído e fixado com fios, parafusos e porcas. Os movimentos do braço foram possibilitados por quatro servomotores de 9g, que operam através de sinais PWM (modulação por largura de pulso), garantindo precisão nas articulações. Para a programação, a plataforma *Tinkercad* foi utilizada para simular e controlar os movimentos robóticos, etapa essencial para o funcionamento do sistema.

No processo de montagem, as peças de MDF foram dispostas e fixadas com parafusos, formando a base e os segmentos do braço, enquanto os servomotores foram posicionados estrategicamente nas articulações. Os potenciômetros foram conectados às entradas analógicas do Arduino, e o sistema passou por uma fase de calibração utilizando o monitor serial da IDE do Arduino, onde foi implementada uma função de mapeamento linear para converter os valores dos potenciômetros (de 0 a 1023) em ângulos precisos (por exemplo, de 0 a 180°). Podemos observar, após montagem, uma visão lateral do braço robótico, na Figura 1a) e uma visão frontal do braço Figura 1b).

Figura 1:a) Visão lateral do braço robótico b) Visão frontal do braço robótico



Fonte: Acervo pessoal.

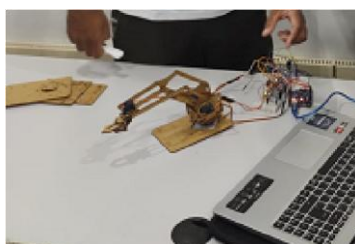
O braço robótico foi projetado para se movimentar através de comandos pré-estabelecidos na interface do Arduino, e os testes realizados evidenciaram uma resposta rápida e coordenada dos servomotores. Durante os testes, verificou-se que o sistema apresentava precisão nos movimentos, com os dados coletados pelo monitor serial confirmando a forte correlação entre os valores teóricos previstos pelo mapeamento e os ângulos efetivamente alcançados. Contudo, em determinadas situações, a velocidade dos servomotores se mostrou ligeiramente acima do ideal para tarefas que

5 Resultados e discussão

No processo de montagem do braço robótico, por ser um projeto piloto com um nível de complexidade médio, cometemos alguns erros que julgo importante destacar: O uso de fios inadequados, gerou mal contato acarretando o não funcionamento do sistema. Outro problema foi que, por ter estrutura limitada, foi necessário estabelecer uma limitação inferior e superior para os ângulos de cada motor. Através de alguns testes percebemos que determinadas posições faziam com que o braço travasse e o forçava muito. Por falta de experiência, montamos todos os componentes e fixamos os motores na estrutura de mdf antes de realizar a calibragem individual dos motores, isso gerou sobrecarga nos motores. Feito esses ajustes, conseguimos fazer o braço robótico operar da forma planejada.

Gostaríamos de ressaltar a importância da exposição desse tipo de equipamento para que os estudantes da Educação Básica tenham a possibilidade de experienciar esse tipo de inovação e entender como elas funcionam, além de se interessar mais pelas ciências e tecnologias. Porém, frisamos a necessidade de parcerias com pessoas de diferentes áreas. Neste trabalho, por exemplo, contamos com a colaboração de um eletrotécnico e de um físico, pois chegou um momento que, por falta de alguns conhecimentos específicos e práticos, o desenvolvimento do braço estagnou.

Figura 2 : Exposição do braço robótico



Fonte : Acervo pessoal

A partir da exposição do braço robótico (ver Figura 2) nas oficinas de tecnologias educacionais do projeto de extensão Rede Social Matemática Suave para estudantes da Educação Básica (introdução à plataforma *Scratch*), observamos atitudes positivas nos estudantes. A apresentação prática e divertida do braço robótico demonstrou ser eficaz pois permitiu apresentar aos estudantes de forma prática e divertida como princípios biomecânicos, como torque e momento angular, ângulos e a programação de cada ação são essenciais para o design e controle de sistemas robóticos o que corrobora com as afirmações dos autores Theobald *et al.* (2025) e Andriola (2021).

Os estudantes ficaram bastante curiosos, para entender como se dava o processo da movimentação do braço robótico, perguntaram: *Pra que esse monte de fio? O que é essa plaquinha cheia de potinhos? Pra que serve? Porque está conectada ao computador?* A partir de tais indagações, alguns conceitos foram apresentados como por exemplo: O que é um braço robótico ou mecânico e qual a sua utilidade prática. O que são articulações, movimento, controle. Além disso, foi feita a correlação com os blocos de controle, de sensores e outros blocos apresentados no *Scratch*. Vale ressaltar que os estudantes apenas observaram o funcionamento e alguns mais atentos, pediram pra colocar os braços pra funcionar.

Em nossa percepção, foi notável o interesse dos estudantes pela programação de ações no *Scratch* após a exposição com o braço robótico. Observamos o quanto eles ficaram mais interessados com os blocos de programação do *Scratch*, como os de movimento, controle, sensores após essa interação prática. Essa vivência reforça as conclusões dos autores Villaça (2022) e Silva (2024), que destacam a robótica educacional como potencializadora de aprendizagem e que quando os estudantes são motivados a tornar seus robôs mais reais, sentem a necessidade de acrescentar outras ações a serem executadas, isso os induz a aprender a programar determinadas ações.

6 Considerações

Este estudo examinou a relação subjetiva entre biomecânica e matemática, demonstrando como os princípios matemáticos são indispensáveis para a análise qualitativa e quantitativa do movimento. Além disso, através da construção de um braço robótico controlado por Arduino foi possível evidenciar a interdisciplinaridade, mostrando como os conceitos biomecânicos juntamente com os conceitos da física, da matemática e a programação para o design e controle de sistemas robóticos. O *Tinkercad* permitiu simular e dirigir com precisão os movimentos robóticos, o que espelha o funcionamento dos braços humanos.

Através da exibição do braço robótico nas oficinas em tecnologias educacionais foi possível perceber o potencial educativo e prático da biomecânica juntamente com a matemática. Além disso, o uso da Robótica Educacional incentivou os alunos da Educação Básica a se interessarem pela interligação entre os cursos. Como possibilidades futuras, pretendemos em oficinas posteriores, apresentar a codificação desses modelos através da plataforma como o *Scratch*, além disso desejamos avaliar através de entrevistas o quanto isso pode influenciar e motivar o estudante.

Agradecimentos

Agradecemos ao apoio financeiro da Pró-Reitoria de Extensão da Universidade Estadual de Santa Cruz (UESC), através do Projeto de extensão Rede Social Matemática Suave e ao Colegiado de Matemática da UESC, através das oficinas de curricularização da extensão.

Referências

ANDRIOLA, W. B. Impactos da robótica no ensino básico: estudo comparativo entre escolas públicas e privadas. Mechanics of Materials. In **Ciência & Educação**, Bauru, v. 27, e21050, 2021.

ARDUINO. 2020. Disponível em < <https://www.arduino.cc/> > . 20 de Jul. 2024.

BARBOSA, A.; VALE, I.; ALVARENGA, D. The use of Tinkercad and 3D printing in interdisciplinary STEAM education: a focus on engineering design. STEM Education, v. 4, n. 3, p. 222-246, 2024. Disponível em: <https://www.aimspress.com/article/doi/10.3934/steme.2024014>. Acesso em: 7 abr. 2025.

BRANDO, L.; DUTRA, R. M. A.; FURTADO, E. C. Proposta de uma metodologia de robótica educacional como um instrumento redutor de evasão em escolas públicas. In: **CONGRESSO SOBRE TECNOLOGIAS NA EDUCAÇÃO, 2021**. Anais [...]. p. 21-30. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/375008912_Linguagem_Visual_para_Arduino_na_Educacao_Basica_como_Possibilidade_Metodologica . Acesso em: 7 abr. 2024.

CETT. Centro de Educação, Trabalho e Tecnologia. **Braços Robóticos Modernizam Laboratórios das Escolas geridas pelo CETT-UFG.** 17 de jul 2023. Disponível em :<https://site.cett.org.br/noticias-cett/131-bracos-roboticos-modernizam-laboratorios-das-escolas-geridas-pelocett-ufg>. Acesso em 20 de Jan. 2025.

HALL, S. J. **Biomecânica Básica**. 7. ed. – Rio de Janeiro: Guanabara Koogan, 2016.

HERMANI, Helder Anibal, **Modelagem, Implementação e controle de sistemas biomecânicos envolvendo aspectos cinemáticos**. Tese (Doutorado) Universidade estadual de Campinas, São Paulo, 2000.

HEMANN, L. V.; BULEGON, A. M.. **Arduino e TinkerCad: recursos potenciais para desenvolver a Cultura Digital em estudantes da Educação Básica**. In: WOMEN IN INFORMATION TECHNOLOGY (WIT), 2023, Maceió. Anais [...]. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Computação, 2023. p. 1-10.

KENSKI, V. M. **Educação e Tecnologias: O novo ritmo da Informação**. Campinas-Sp. Papyrus, 2007.

MATARIC, M. J. **Introdução à Robótica**. São Paulo: Editora Unesp; Blucher, 2017.

MONTEIRO, L. H.; SANTOS, R. dos. O uso do Arduino e a criação de objetos educacionais em tempos e espaços desarticulados. In **ReCiC- Revista de Ciência da Computação**, p. 5, 2019.

ROSA, R. N. da. **Uso do Arduino para o ensino de automação e programação com base no pensamento computacional e aprendizagem significativa**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Ensino de Ciências Exatas) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2019. Disponível em: <https://lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/240587/001143414.pdf?sequence=1>. Acesso em: 6 abr. 2025.

ROSSINI, A. **Estrutura e Funcionamento de Braços Robóticos**. São Paulo: Editora Técnica, 2018.

SEGATTO, R.; TEIXEIRA, A. C. Utilização Do Robô Cubetto Em Um Processo De Formação Docente Para Professores Da Educação Básica Na Área Da Robótica Educacional. In **Encitec – Santo Ângelo** - Vol. 11, N. 1., P. 219-236, Jan./Abr. 2021.

SENAI. Trigonometria Aplicada à Mecânica. São Paulo: **SENAI-SP**, 2004. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/slideshow/51-pe-trigonometria-aplicada/165552754>. Acesso em: 7 jan. 2025.

SILVA, L. A. L. **Biomecânica da corrida humana**: Uma proposta de modelagem no estudo de Física como ferramenta para uma ampliação do campo conceitual do aluno. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso). Universidade Federal de Pernambuco, CAA, Licenciatura em Física, 2018.

SILVA, M. **Atuadores e Sensores em Sistemas Robóticos**. Rio de Janeiro: Ed. Ciência e Tecnologia, 2018.

SILVA, F. R. A. **Projeto e construção de um braço robótico para controle da cinemática**. Dissertação de Mestrado -Universidade Federal de Pernambuco, 2019.

SILVA, M. da G. T. da. **Robótica educacional como recurso pedagógico para estudantes com dificuldade de aprendizagem**. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Computação e Automação, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Elétrica e de Computação, Natal, 2024.

SIMINOVA. Como a Robótica Educacional torna a Matemática acessível e engajante. **Siminova**, 2024. Disponível: <https://siminova.com.br/blog/2024/06/robotica-educacional-torna-a-matematica-acessivel-e-engajante/> . Acesso em: 1 jan. 2025.

SOUTO, L. S., LIMA, K. E ALMEIDA, S P. N. C **Currículo e integração curricular: Possibilidades e desafios entre educação física e matemática na BNCC**. Em RENCIMA: Revista de Ensino em ciências e Matemática, v. 13, n. 6, pág. 1-25, 2022.

SPONG, M. W.; HUTCHINSON, S.; VIDYASAGAR, M. **Robot Modeling and Control**. New York: Wiley, 2006.

TEIXEIRA, J. **Fundamentos da Robótica**: Conceitos e Aplicações. 2. ed. Curitiba: Editora Acadêmica, 2018.

THEOBALD, A. A. de R. F. e et. al. Inclusão E Tecnologias Na Educação: A Robótica Como Ferramenta Pedagógica Nas Escolas. In **OSR Journal of Business and Management** (IOSR-JBM) e-ISSN:2278-487X, p-ISSN: 2319-7668. Volume 27, Issue 1. Ser. 9 (January. 2025), PP 37-41.

VILLAÇA, A. A. (2022). **Instrução/atividade Criadora**: Uma Análise Das Vivências De Alunos Ditos Com "dificuldade De Aprendizagem", Tese de doutorado, Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Minas Gerais, Faculdade de Educação. 334 f. 2022.

WINTER, D. A. **Biomechanics of Human Movement**. John Wiley & Sons.2009.

UNIPAMPA. Universidade Federal do Pampa. Curso: Introdução à Biomecânica. YouTube, 2020. Disponível em: <https://www.youtube.com/playlist?list=PLFhTJITcYZ5cUqzn9dq5VVeDMSOLsjq3Q>. Acesso em: 7 abr.