

A BIOFÍSICA E A ROBÓTICA: UMA PROPOSTA DE UNIDADE DIDÁTICA A PARTIR DA APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS

Biophysics and robotics: A proposal for a teaching unit based on project-based learning

Amanda Cristina Soares da Silva [amandac.fisica@gmail.com]

Simone da Graça de Castro Fraiha [fraiha@ufpa.br]

Silvana Perez [silperez@ufpa.br]

Universidade Federal do Pará

R. Augusto Corrêa, 01 - Guamá, Belém - PA, 66075-110

Recebido em: 08/09/2023

Aceito em: 01/12/2023

Resumo

O uso da tecnologia como ferramenta didática tem ganhado notoriedade no ambiente escolar nos últimos anos em decorrência da ascensão de novas práticas pedagógicas e, até mesmo, influência da pandemia da Covid-19. Além de ser atrativa para jovens da geração atual, a tecnologia é uma área que oferece a oportunidade de desenvolver novas ideias e solucionar problemas científicos dentro do âmbito educacional. Neste sentido, o “Projeto Robótica Na Escola” foi criado, e propõe como atividade extracurricular aulas de Robótica Pedagógica no Ensino Fundamental da rede municipal de educação de um município da região metropolitana de Belém-PA. A fim de relacionar Ciências (Física e Biologia) e Matemática de maneira interdisciplinar com a Robótica em sala de aula, foi pensado em uma proposta didática com o tema “A Biofísica do Músculo Artificial e suas aplicações” onde os assuntos abordados são: mecânica, miologia, programação e função linear. A organização da sequência de ensino escolhida foi a Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP), que além de instigar o confronto com problemas do mundo real, também engloba várias outras metodologias ativas que podem ser trabalhadas, como desenho de projeto de engenharia e modelo STEAM. A proposta é dividida em 4 etapas: I) Âncora (próteses dos velocistas paraolímpicos) – questão norteadora; II) Investigação científica (trabalhar os conceitos biofísicos envolvidos); III) Projeto de engenharia (trabalhar com programação em Arduino e construir e ou fazer um protótipo funcionar com o Arduino); IV) Aprofundamento. O público-alvo é formado por alunos de uma turma do 9º ano do Ensino Fundamental de uma escola pública, onde é possível revisitar conceitos antes vistos em sala de aula. Para verificar se ocorreu a aprendizagem, a análise será acordo com a teoria cognitivista de Gérard Vergnaud, chamada de Teoria dos Campos Conceituais, a partir da imersão de novas situações abordadas ao longo dos encontros.

Palavras-chave: Robótica Educacional; Músculo Artificial; Aprendizagem Baseada em Projetos; Campos Conceituais de Vergnaud.

Abstract

The use of technology as a teaching tool has gained notoriety in the school environment in recent years due to the rise of new pedagogical practices and even the influence of the Covid-19 pandemic. In addition to being attractive to young people of the current generation, technology is an area that offers the opportunity to develop new ideas and solve scientific problems within the educational context. In this sense, the “Projeto Robótica Na Escola” was created, and proposes as an extracurricular activity Pedagogical Robotics class in Elementary School in the municipal education network of a municipality in the metropolitan region of Belém-PA. In order to relate Sciences (Physics and Biology) and Mathematics in an interdisciplinary way with Robotics in the classroom, a didactic proposal was designed with the theme “The Biophysics of Artificial Muscle and its applications” where the subjects covered are mechanics, myology, programming and linear function. The

organization of the chosen teaching sequence was Project-Based Learning (PBL), which in addition to instigating confrontation with real-world problems, also encompasses several other active methodologies that can be worked on, such as engineering project design and the STEAM model. The proposal is divided into 4 stages: I) Anchor (prostheses for Paralympic sprinters) – guiding question; II) Scientific research (working on the biophysical concepts involved); III) Engineering project (working with Arduino programming and building and/or making a prototype work with Arduino); IV) Deepening. The target audience is students from a 9th year elementary school class at a public school, where it is possible to revisit concepts previously seen in the classroom. To verify whether learning has occurred, the analysis will be in accordance with Gérard Vergnaud's cognitivist theory, called Conceptual Field Theory, based on the immersion of new situations addressed throughout the meetings.

Keywords: Educational Robotics; Artificial Muscle; Project-Based Learning Vergnaud's Conceptual Fields.

INTRODUÇÃO

A tecnologia no mundo atual se tornou parte do cotidiano do ser humano, desde o momento em que acorda com o despertador do celular, até o fim do dia quando precisa ligar o ar-condicionado, por exemplo. No século em que qualquer ferramenta tecnológica se torna útil para determinadas tarefas, não seria diferente dentro da sala de aula elas incorporarem dentro de práticas pedagógicas com o objetivo de aprimorar habilidades dos estudantes. Entretanto, nem sempre esses instrumentos com tecnologia de alta ponta eram aliados de atividades pedagógicas: o celular, por exemplo, é considerado um grande vilão nas escolas pelo seu uso exagerado dentro da sala de aula pelos estudantes – porém se tornou um aliado do professor e aluno a partir do momento em que a pandemia da Covid-19 surgiu no ano de 2020.

Partindo da perspectiva do ensino de Ciências, a necessidade de explicar conceitos a partir de experimentos se tornou um grande desafio nos últimos anos, especialmente por conta dos anos de pandemia e o próprio desinteresse vindo dos próprios estudantes. Então, muitos professores começaram a utilizar artifícios tecnológicos para aproximar mais ainda a tecnologia com o ensino, fazendo com que se torne uma ferramenta didática ganhando notoriedade no ambiente escolar – desde simuladores de experimentos feitos através de *softwares*, até jogos educacionais.

Entretanto, a aplicação da tecnologia em sala de aula traz algumas reflexões importantes acerca dessas novas práticas de ensino em sala de aula, pois além de ser uma ferramenta, é também contornada de conceitos científicos e digitais que podem ser usufruídos durante a aula. É importante ressaltar que a tecnologia por si só não garante uma educação de qualidade. Ela deve ser utilizada de forma intencional e planejada, alinhada aos objetivos educacionais e às necessidades dos alunos. Os professores desempenham um papel fundamental nesse processo, atuando como facilitadores e orientadores, auxiliando os estudantes a utilizarem a tecnologia de maneira crítica, criativa e responsável.

Além disso, a tecnologia tem a capacidade de se integrar em várias abordagens educacionais, como é o caso da Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP). De acordo com Bender (2014), a ABP

“(…) é um modelo de ensino que consiste em permitir que os alunos confrontem as questões e os problemas do mundo real que consideram significativos, determinando como abordá-los e, então, agindo cooperativamente em busca de soluções.” p. 9, 2014.

Neste sentido, é possível construir o conhecimento com o intuito de solucionar problemas do mundo real, desenvolvendo habilidades práticas e criativas e levantamento de hipóteses de maneira autônoma (Bender, 2014). A ABP permite que os estudantes levantem hipóteses, trabalhem em equipe

e apliquem seus conhecimentos de forma prática, o que aumenta sua motivação e engajamento – e isto se torna muito interessante aliada à ciência e tecnologia dentro da aprendizagem dos estudantes.

Uma abordagem voltada à perspectiva do estudante se torna mais viável e interessante na atual conjuntura educacional, pois o aprendizado se torna mais dinâmico e mais próximo da realidade de todos, especialmente na área científica – como é possível ver a Robótica Educacional ganhando espaço nas escolas brasileiras. Segundo Zilli (2004), a cada dia que passa, surgem novas descobertas em diversas áreas de conhecimento que exige que as pessoas busquem aprender, principalmente para se manterem em suas profissões – e áreas como a da Robótica carrega essa ideia de manter a tecnologia, inovação e criatividade dentro do ambiente escolar a partir de experimentos científicos.

Dentro desta perspectiva, surge a seguinte pergunta:

“De que maneira o uso da ABP envolvendo um tema interdisciplinar e a robótica educacional pode contribuir para o desenvolvimento de conceitos científicos?”

Este artigo é um recorte de uma proposta de unidade didática, que está sendo desenvolvida no Mestrado Nacional Profissional de Ensino de Física (MNPEF), que une ciência, tecnologia e projetos em sala de aula, para firmar essas novas práticas pedagógicas que são atrativas para jovens por destoarem do tradicional – trazendo a prática científica para dentro da sala de aula e tornando o estudante o protagonista da sua própria aprendizagem.

OBJETIVO

Este trabalho tem como objetivo desenvolver uma sequência didática com base na ABP com 4 etapas que possa trazer práticas científicas e tecnológicas no Ensino Fundamental como forma de potencializar o aprendizado dentro de uma realidade escolar, envolvendo conceitos interdisciplinares entre Ciências da Natureza (Física, Biologia e Biofísica), Matemática e Robótica Educacional. Além disso, identificar de que forma a aprendizagem é construída a partir dos Campos Conceituais de Vergnaud.

A TEORIA DOS CAMPOS CONCEITUAIS DE VERGNAUD

Aluno de Piaget, Gérard Vergnaud desenvolveu a Teoria dos Campos Conceituais (TCC), uma teoria de desenvolvimento cognitivo. Segundo Moreira (2002), Vergnaud formaliza que:

O conhecimento é organizado por uma série de campos conceituais cujo domínio, por parte do sujeito, ocorre ao longo de um longo período de tempo, através de experiência, maturidade e aprendizagem. (VERGNAUD, 1983, p.40).

Além disso, esses campos são formados por um conjunto heterogêneo de uma infinidade de problemas, situações, conceitos etc., que se conectam entre si durante o processo de aprendizagem (Moreira, 2002).

Ainda segundo Moreira (2002), cada área de conhecimento contempla uma gama de campos conceituais. Tomando como exemplo, existem as estruturas multiplicativas: campos conceituais que envolvem operações matemáticas relacionadas à multiplicação – função afim, fração, razão, proporcionalidade etc. Já na Física, existem os campos conceituais da Eletricidade, Mecânica, dentre outros. São estes campos que darão sentido a problemas reais vivenciados pelos estudantes ao longo da vida.

Cada campo conceitual é sustentado por quatro pilares fundamentais que os caracterizam: **conceito, situação, esquemas e invariantes operatórios**.

CONCEITO:

É composto de um triplete de três conjuntos $C = (S, I, R)$, onde S é um conjunto de situações que dão sentido ao conceito; I é um conjunto de invariantes operatórios; e R é um conjunto de representações simbólicas (Moreira, 2002).

Exemplo: Conceito de Força. O conjunto S será representado por diversas situações como aplicação de uma força em um objeto, força restauradora em uma mola, força elétrica etc. Os conjuntos I e R serão representações do pensamento do sujeito, de acordo com o que ele entende sobre o conceito.

SITUAÇÕES:

São vistas como uma combinação de tarefas para as quais é imprescindível saber suas naturezas e dificuldades próprias (Moreira, 2002). Quanto mais situações são conhecidas pelo sujeito, maior será o domínio pelo campo conceitual de maneira progressiva e gradual.

Exemplo: O cálculo do atrito em um plano horizontal para um corpo em estado de inércia é expresso por $\vec{F} = \vec{F}_{at}$ (situação 1), e corpo acelerado $\vec{F} - \vec{F}_{at} = m \cdot \vec{a}$ (situação 2); já em um plano com uma certa inclinação em relação à superfície, com o corpo em estado de inércia tem-se $P_x = \vec{F}_{at}$ (situação 3), e o corpo acelerado, $P_x - \vec{F}_{at} = m \cdot \vec{a}$ (situação 4). Todas representam o cálculo para achar a força de atrito, mas em situações distintas e singulares.

ESQUEMAS:

É a organização **invariante** do comportamento para uma determinada situação, onde a ação do sujeito se torna **operatória** (Moreira, 2002). É necessário que haja regras pois facilita a organização dos esquemas diante de um conceito.

Moreira (2002) ainda acrescenta que existem 4 ingredientes dos esquemas que Vergnaud consolida: 1) Metas e antecipações; 2) Regras de ação, busca por informações e controle; 3) Invariantes operatórios (teoremas-em-ação e conceitos-em-ação); 4) Possibilidades de inferência (ou raciocínios).

As classes de situações se distinguem em dois tipos: 1) Classes de situações em que o sujeito dispõe de competências necessárias ao tratamento imediato da situação; 2) Classes de situações em que o sujeito não dispõe de todas as competências necessárias em um momento imediato, obrigando-o a ter um tempo para reflexão sobre a situação envolvida (Moreira, 2002).

Exemplo: Em uma divisão como $\frac{300}{60}$, existem diversos esquemas para resolver o problema. E todas chegaram no mesmo resultado, igual 5.

1ª forma: Divisão comum 2ª forma: Simplificação 3ª forma: Potência

Figura 1 – Três formas de resolver um mesmo problema. Fonte: Própria autora

INVARIANTES OPERATÓRIOS:

Eles “representam aquilo que se preserva nos conceitos e que permite que sejam reconhecidos como tais nas situações”. É possível especificar esses invariantes em duas categorias: **conceito-em-ação** e **teorema-em-ação**. Moreira (2002) afirma, então, que:

- **Conceito-em-ação:** é uma categoria de pensamento considerada como pertinente para o sujeito;
- **Teorema-em-ação:** é uma proposição considerada como verdadeira sobre o real.

Exemplo: Conceito-em-ação: Corpos pesados (categoria); Teorema-em-ação: um corpo mais “pesado” cai mais rápido que um corpo mais leve em qualquer situação (pensamento tomado como verdadeiro pelo sujeito).

APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETOS (ABP)

A Aprendizagem Baseada em Projetos (ABP) é uma abordagem de ensino que sustenta esta ideia de resolver diversos problemas da vida real através de projetos em sala de aula, agregando principalmente áreas como Ciências, Matemática e Tecnologia – a fim potencializar o ensino e aprendizagem e inserir o estudante em um cenário de pesquisa científica.

A ABP se centraliza na aplicação prática do conhecimento adquirido em um contexto do mundo real, onde, segundo William Bender, um dos principais pesquisadores e teóricos da ABP, o objetivo é "ajudar os alunos a desenvolverem habilidades e conhecimentos práticos, além de promover a compreensão dos conceitos e teorias subjacentes" (Bender, 2012).

Ademais, Bender (2014) enfatiza que a ABP pode ser adaptada para diferentes níveis de habilidade e áreas de conhecimento, e que é importante fornecer orientação e suporte adequados aos alunos durante todo o processo. Ele destaca que os professores precisam ser "facilitadores" do processo de aprendizagem, em vez de simplesmente fornecer informações aos alunos (Bender, 2012).

Sendo uma abordagem que leva em consideração o envolvimento ativo dos estudantes perante uma questão norteadora, é possível entender o porquê de ela ter ganho um grande destaque no século XXI, pois é esta época em que ocorreram grandes avanços científico-tecnológicos. Com a necessidade de trazer a cultura de solucionar problemas reais para a sala de aula, a ABP e tantas outras abordagens foram sendo levadas em consideração no processo de ensino-aprendizagem.

DESENHO DA PROPOSTA DIDÁTICA

A proposta didática tem como foco as características essenciais constituintes na ABP. A fim de relacionar Ciências (Física e Biologia) e Matemática de maneira interdisciplinar com a Robótica em sala de aula, a proposta didática tem como tema “*A Biofísica do Músculo Artificial e suas aplicações*”, onde os assuntos abordados são: mecânica, miologia, programação e função linear. Ao final de cada etapa, haverá um diagnóstico qualitativo sob à luz da teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud com o objetivo de verificar se a aprendizagem foi efetiva ao longo da aplicação deste produto.

Seguindo os critérios básicos de uma ABP, o trabalho será dividido em 4 etapas principais, onde cada uma delas têm seu objetivo específico. As etapas são:

- I. Âncora / Questão norteadora;
- II. Investigação Científica;
- III. Projeto de Engenharia;
- IV. Aprofundamento.

Em função dos diferentes objetivos das etapas, o trabalho terá diferentes abordagens sendo utilizadas para cada situação – cultura *maker*, STEAM, ensino por investigação etc.

A **etapa I** é a base para todas as outras, sendo a principal responsável pelo interesse dos estudantes sobre um problema real, para que eles desenvolvam um projeto com a finalidade de encontrar uma solução. Esta etapa se chama “Âncora / Questão norteadora” pois é aqui que se apresenta o determinado contexto em que existem um problema a ser solucionado, ou seja, terá a exibição de informações relevantes para os estudantes começarem a refletir.

Como **âncora**, o contexto abordado é sobre um atleta paraolímpico paraense que utiliza próteses das pernas de alta tecnologia. Na Figura 2 é apresentado o texto sobre o atleta:



Figura 2 - Quem é Alan Fonteles? Fonte: https://pt.wikipedia.org/wiki/Alan_Fonteles

A partir desse texto, a discussão sobre o tema é levantada para situar os estudantes no contexto da tecnologia relacionada com a saúde das pessoas até chegar na situação-problema. É neste momento que será mencionado sobre *músculos artificiais* e suas contribuições na ciência. No final das discussões, é apresentada a seguinte **questão norteadora**:

- “*Como podemos relacionar a utilização do músculo artificial na construção de artefatos que viabilizam a movimentação de pessoas que perderam um de seus membros?*”

Após a apresentação da questão motriz, as aulas seguem com possíveis questões levantadas pelos alunos que são voltadas para este tópico. Por fim, os alunos farão uma pesquisa sobre outros atletas que se utilizam de próteses.

Já na **etapa II**, chamada de Investigação Científica, todos os conceitos envolvendo os assuntos de Física, Biologia, Biofísica e Matemática são apresentados e desenvolvidos com o objetivo de compreender cientificamente como funciona o movimento do corpo humano e todas suas características a fim de fazer um paralelo com o movimento e a composição de uma prótese. A parte que envolve a matemática será abordada conceitos de proporcionalidade entre grandezas de acordo com a Física.

Durante a execução desta etapa, os estudantes terão uma atividade prática por meio da abordagem de ensino por investigação subdivididos em 3 momentos: a) construir o músculo artificial a partir de um fio de *nylon*; b) realizar medições de grandezas física; c) comportamento do músculo a partir do uso de calor. No primeiro momento, com o material em mãos e o professor como mediador

de todo o processo, os estudantes deverão transformar um fio comum de *nylon* em uma mola (Figura 3) através da emissão de hipóteses feita por eles.

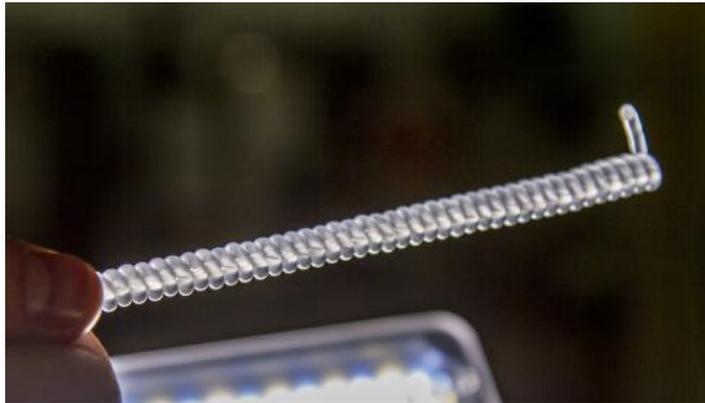


Figura 3 – Mola de *nylon*. Fonte: <https://www.nbcnews.com/science/science-news/muscles-robots-made-fishing-line-twine-n34576>

O segundo momento terá como foco a medição dessas molas a partir de conceitos Físicos abordados anteriormente nesta mesma etapa para analisar se elas de fato conseguem esticar e comprimir como uma mola comum com o auxílio de pequenas massas. Por fim, o terceiro e último momento da etapa II será para analisar como essas molas se comportam ao receber calor ao longo da sua estrutura com a ajuda de um secador de cabelo ou fios condutores. Especialmente nesta etapa, será trabalhada a evolução conceitual dos estudantes a partir da TCC, como nas Estruturas Multiplicativas e Mecânica.

A **etapa III** deste trabalho será o Projeto de Engenharia, onde a criatividade dos estudantes de criar um projeto tangível terá enfoque. É nesta etapa em que eles produzirão um **braço robótico** a partir de materiais alternativos com o objetivo de inserir os músculos artificiais (molas) (Figura 4) que eles produziram na etapa II. Antes da produção, discussões sobre o funcionamento do braço similar a uma prótese de alta tecnologia serão temas abordados ao longo da etapa – bem como conceitos básicos de *programação com Arduino* para complementar na produção do projeto.

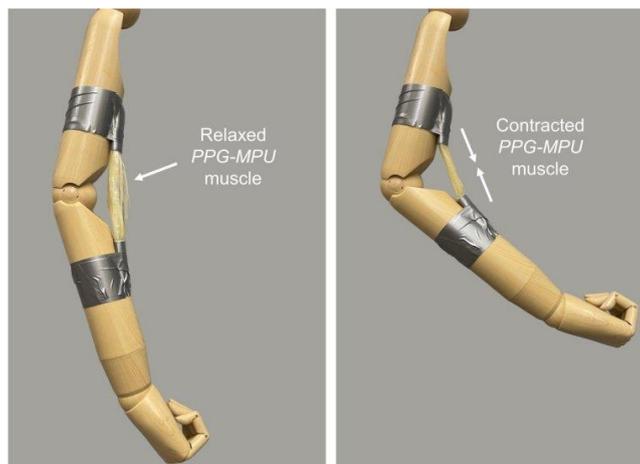


Figura 4 – Músculo Artificial em protótipo de um braço. Fonte: <https://www.inovacaotecnologica.com.br/noticias/noticia.php?artigo=musculo-artificial-finalmente-consegue-acionar-braco-madeira&id=010180210909>

Por fim, a **etapa IV** será para o Aprofundamento dos conceitos interdisciplinares. Nesta última fase do projeto, as discussões serão ampliadas para outras áreas do corpo humano que são feitas de músculos, como por exemplo próteses para pernas, coração etc. Além disso, hipóteses serão levantadas sobre próteses que recebem os comandos do cérebro para obter um movimento orgânico similar a um membro humano.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Por ser uma área que está em alta no século XXI, é indispensável que a tecnologia esteja dentro da sala de aula da forma consciente e pragmática, para que os estudantes possam desenvolver novas formas de pensar a partir da criatividade e inovação – trazendo novos caminhos para a aprendizagem.

Em concordância com metodologias ativas, a ABP se torna uma abordagem atrativa dentro deste aspecto tecnológico pois cria oportunidades aos estudantes de serem criativos e espontâneos a partir de uma situação-problema que pode ser dentro do seu cotidiano (no caso aqui, o uso de próteses e a sua importância na vida das pessoas que precisam). Cada etapa deste trabalho consiste em usar a base da pesquisa científica, identificando hipóteses, utilizando as teorias para aprofundar nos argumentos e a prática de criar projetos tangíveis que possam ser utilizados dentro e fora do ambiente escolar.

Além disso, a TCC tem o papel importante neste trabalho de embasar teoricamente de forma a compreender as dificuldades dos estudantes e como o conhecimento deles está construído a partir dos seus conhecimentos com diversas situações que podem compor um campo conceitual.

Por isso, esta sequência didática traz a interdisciplinaridade e autonomia dos alunos como os pontos principais, visando estreitar relações entre a tecnologia e a sala de aula a partir da ABP e fundamentação da TCC, com o objetivo educacional para que os estudantes possam desenvolver novas práticas científicas e aprimorar habilidades e competências da área tecnológica.

REFERÊNCIAS

- BENDER, William. **Aprendizagem Baseada em Projetos: educação diferenciada para o século XXI**. Porto Alegre: Artmed, 2012.
- MOREIRA, M. A.; **A Teoria dos Campos Conceituais de Vergnaud, o Ensino de Ciências e a Pesquisa nesta Área**; *Investigação em Ensino de Ciências*, V7(1), pp. 7-29, 2002.
- VERGNAUD, G.; **Multiplicative structures**. In Lesh, R. and Landau, M. (Eds.) **Acquisition of Mathematics Concepts and Processes**. New York: Academic Press Inc. pp. 127-174, 1983.
- ZILLI, Silvana do Rocio. **A robótica educacional no ensino fundamental: perspectivas e prática**. 2004. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, Florianópolis.