



Relato do ensino de momento de alavanca e lógica de programação no ensino fundamental por meio de plataformas eletrônicas



Fábio Lombardo Evangelista*

Departamento de Física, Instituto Federal Catarinense, Concórdia, SC, Brasil

Lincoln Moura de Oliveira

Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil

Michele Moreira de Souza

Centro Educacional Maria Montessori, São José, SC, Brasil

RESUMO

Este trabalho refere-se ao ensino de momento de alavanca no Ensino Fundamental. O trabalho foi aplicado a doze participantes procedentes do 5º ao 9º ano do Ensino Fundamental. As aulas foram instrumentalizadas por um braço robótico construído em impressora 3D e controlado pela tecnologia Arduino. Também houve o estudo da lógica de programação, mediante o uso do programa computacional Scratch instalado em uma plataforma eletrônica Raspberry Pi. Os dados foram coletados por meio de observações de quatro encontros. Estes, por sua vez, foram conduzidos pelas metodologias Peer Instruction e SCALE-UP. A mediação pedagógica foi promovida por meio de cinco relações pedagógicas: aluno-professor, aluno-aluno, aluno-ambiente, aluno-saber científico e aluno-tecnologia. Tais relações, além de favorecer o envolvimento emocional do aluno com as atividades, permitiram uma considerável influência na reelaboração conceitual sobre os conceitos estudados, assim como na compreensão da lógica de programação.

Palavras-chave: ensino de física; impressão 3D; Arduino; Raspberry Pi; novas metodologias de ensino



1. Introdução

Do ponto de vista docente, os novos desafios que se impõem ao exercício da profissão dificultam a construção de uma sala de aula mais diversificada do ponto de vista metodológico. As escolas exigem um perfil diferenciado, paciente, criativo, empático, divertido e instigador, desafios que obrigam ao constante aprimoramento profissional [1]. No entanto, a falta de tempo, aliada à desvalorização da carreira [2] e ao aumento dos turnos de trabalho [3], dificultam a qualificação profissional docente.

Os principais obstáculos encontrados no estudo de física estão relacionados à escassez de instrumentos concretos e metodológicos adequados ao ensino. A má postura docente acaba por contribuir para as dificuldades de aprendizagem. Nesse aspecto, Sanchez [4] vai além, dizendo que as dificuldades originadas no ensino podem ser devido à falta de organização na sequência didática ou por não propiciarem motivação o suficiente. Ele ainda comenta que a falta de ajuste dentre os conteúdos e o nível de abstração e desenvolvimento do aluno, torna o ensino muito pouco eficaz.

Ao observar esses aspectos, fica claro que o processo de ensino e aprendizagem traz em seu corpo particularidades que o torna desmotivador aos alunos. Conforme afirma Alves Filho [5], uma má ação docente, embasada em metodologias inadequadas e desmotivadoras, robustecem os obstáculos na transposição do senso comum para o científico.

Parte do sistema educacional brasileiro encontra-se estagnado, tornando o

ambiente escolar obsoleto e engessado, no qual a resolução exacerbada de exercícios assume maior importância que a qualidade do ensino. As formas como os conteúdos, no ensino de física, são apresentadas aos estudantes durante sua passagem pelo Ensino Médio acabam por não priorizar a aprendizagem, mas sim a memorização [6] em prol da aprovação e o avanço para a próxima fase do sistema educacional.

O autor deste trabalho acredita que a resolução de exercícios pode ser benéfica, desde que não seja a única prática utilizada no processo educacional. Variar os recursos didáticos por meio de instrumentos tecnológicos geram boas e novas possibilidades para o ensino de física. Deste modo, ao se considerar os estudantes atuais, o uso das tecnologias no diálogo com os saberes de física no contexto escolar é fortemente recomendado [7] pois, de fato, o material didático enriquecido com recursos tecnológicos pode favorecer a participação dos alunos, pois se apropria da facilidade que eles tem com tais aparatos.

Há uma corrente pedagógica que acredita nas práticas laboratoriais como solução para o ensino de física. Essa opinião ganha fôlego, pois o laboratório didático oportuniza a vivência

Os principais obstáculos encontrados no estudo de física estão relacionados à escassez de instrumentos concretos e metodológicos adequados ao ensino

do concreto, do tátil, da aplicação experimental dos conceitos científicos. No entanto, Oliveira e cols. [8] diz que a potencialidade atribuída aos instrumentos não está atrelada à

sua exclusiva inserção no ambiente escolar. Esse processo de inserção instrumental no contexto real de sala de aula precisa ser analisado em conjunto com a prática docente, visando ao processo de ensino e aprendizagem.

*Autor de correspondência. E-mail: fabio.evangelista@ifc.edu.br.

Segundo Sampaio [9], é importante que o professor conheça e saiba utilizar criticamente a tecnologia para não ser dominado por ela. A tecnologia deve ser inserida na sala de aula como um instrumento facilitador, uma ferramenta detentora de significado, servindo de mediação ao saber científico.

Dentre a gama de ferramentas tecnológicas para trabalhar situações e fenômenos do mundo real no contexto escolar, o Arduino, o Raspberry Pi e a impressão 3D apresentam uma boa combinação, possuindo vastas explicações e aplicações acessíveis nas mídias digitais, oportunizando ir além do universo escolar.

Mesmo sabendo que esse artifício não é essencial ao processo de ensino, não se pode desconsiderar que o contexto social discente se encontra imerso nas tecnologias. Para Bennett [10], os novos alunos, denominados “nativos digitais” ou “geração conectada” não aprendem da mesma maneira que as gerações anteriores, isso porque aprendem a partir de experiências, possuem habilidades em multitarefas e estão adaptados às tecnologias de informação e comunicação para se conectarem com outras pessoas.

Prensky [11] diz que os novos alunos mudaram o modo de entender os fenômenos, o sistema educacional atual não os alcança de modo suficiente. Essas afirmações apontam para a necessidade de tornar o ensino de física mais significativo, motivador, desafiante e atraente ao ambiente escolar e, para isso, a tecnologia surge como uma possível alternativa, mesmo sabendo que materiais tecnológicos inseridos no ambiente educacional não são sinônimos de inovação, podendo se tornar artefatos sem significado para o ambiente que o agrega. Quando se pretende inovar, é preciso ter a compreensão de que a tecnologia não deve ser mero artefato, mas sim um instrumento pedagógico significativo para o processo de ensino e aprendizagem [12].

Este trabalho traz dois objetivos principais. O primeiro é relatar uma proposta multidisciplinar, com *Peer Instruction* e *SCALE-UP (Student-Centered Activities for Large Enrollment Undergraduate Programs)*, aplicada a alunos do ensino fundamental. O segundo é perceber de que maneira essas

metodologias regem as aplicações do aparato tecnológico escolhido — Arduino, Raspberry Pi e peças de um braço robótico impressas em 3D —, ajudando na compreensão das variáveis intrínsecas à inserção de tecnologias no contexto educacional.

O conjunto de equipamentos eletrônicos Arduino, Raspberry Pi e as peças de um braço robótico impressas em 3D, utilizados neste trabalho, foram adquiridos na empresa MENTES3D. No entanto, a linguagem utilizada no programa fonte Arduino e outras opções de equipamentos se encontram na seção 6 deste escrito.

O presente artigo está dividido em sete seções: a seção 2 apresenta alguns conceitos relacionados ao ensino que impactam no processo de aprendizagem; na seção 3 é descrita a relação entre as duas metodologias utilizadas, *Peer Instruction* e *SCALE-UP*; a seção 4 apresenta a proposta tecnológica que tem como base a inserção de artefatos tecnológicos em ambientes educacionais; a seção 5 relata o desenvolvimento do projeto; a seção 6 fala dos caminhos que o leitor pode seguir para realizar essa sequência didática e, por fim, a seção 7 apresenta as considerações finais sobre a pesquisa.

2. Fundamentação

Uma autêntica inovação pedagógica envolvendo aplicações didáticas em um contexto real de sala de aula tem como enfoque a prática de atividades e suas interpretações [13]. Neste projeto, a prática social é observada à medida que se motivam os alunos a dialogar com seus colegas e professores, interagir com os materiais didáticos e tecnologias inseridas no ambiente educacional e compreender os saberes de cunho científico.

Custódio Filho [6] suspeita que vínculos afetivos com o conhecimento científico favorecem o aprendizado, permitindo ao aluno transportá-lo para fora do contexto escolar. A maneira tradicional de se ensinar física causa um déficit representacional, ou seja, os alunos não veem sentido nos conhecimentos oferecidos na escola, e isso dificulta a

edificação de conexões mais duradouras, tais como os de ordem afetiva [6].

A forma como é proporcionado o estímulo, impacta diretamente na qualidade do ensino e, conseqüentemente, no sucesso ou fracasso da aprendizagem [14, 15]. Desse modo, é possível afirmar que ao vivenciar um ambiente mais interativo o aluno potencializará suas chances de realizar as conexões entre teoria e prática, fator que o induzirá à aprendizagem [16].

A inovação educacional não pode ser vista apenas como uma inserção de novas tecnologias ou mudança no nível pedagógico do processo educacional. Oliveira e cols. [8] afirma que ela precisa ser permeada por uma metodologia condizente ao processo educacional e apoiada em

quatro relações discentes bem definidas no decorrer do processo educacional. Ele defende que essas relações devam ocorrer entre: Aluno-Aluno, Aluno-Professor, Aluno-Tecnologia e Aluno-Ambiente. No entanto, este projeto agrega mais uma relação às quatro anteriores: Aluno – Saber Científico [5]. Sobre essa última relação, Pinho defende que a aproximação do saber ao aluno está intrinsecamente relacionada ao direcionamento estipulado pelo professor, impondo, em parte, sua visão acerca do procedimento aplicado em aula e decidindo, juntamente com a escola, o melhor estilo de trabalhar os saberes na comunidade escolar. Esse conjunto de ações propostas pelo professor determina como deve ser organizado o processo de ensino do saber observado. Assim sendo, somam-se cinco relações discentes importantes ao processo educacional: aluno-professor, aluno-aluno, aluno-ambiente, aluno-saber científico e aluno-tecnologia.

Tais relações, mediadas por atividades experimentais, têm a intenção de oferecer condições para que os estudantes consigam ver uma dada situação com o mesmo olhar, induzindo-os a possíveis relações ou variáveis de interesse. Muitos dos obstáculos no processo de ensino-aprendizagem ocorrem devido as diferentes interpretações que os alunos elaboram sobre o que veem. A experiência e a prática docente tem mostrado que eles relutam em tirar suas dúvidas, o que pode provocar interpretações totalmente fora de sentido. Sendo assim, as cinco relações, aliadas

A maneira tradicional de se ensinar física causa um déficit representacional, ou seja, os alunos não veem sentido nos conhecimentos oferecidos na escola

A tecnologia deve ser inserida na sala de aula como um instrumento facilitador, uma ferramenta detentora de significado, servindo de mediação ao saber científico

a proposições de atividades favoráveis à reconstrução dos saberes, apresenta a finalidade de orientar as proposições livres dos alunos na mesma direção das proposições universais de aceitação coletiva [5].

3. Metodologias de ensino

O processo metodológico utilizado neste trabalho sugere uma proposta que busca interligar o uso da tecnologia com o ensino de física e lógica por meio de duas abordagens metodológicas, *Peer Instruction* e *SCALE-UP*.

3.1. *Peer instruction*

A *Peer Instruction* (Instrução por Pares) foi disseminada nos anos 1990 pelo professor Eric Mazur da universidade de Harvard [17]. Esse método, aplicado originalmente com acadêmicos dessa universidade, preocupa-se em evitar a mera “transferência de informação” para os alunos, incentivando que eles busquem as informações por meio de leituras prévias para depois, em um encontro presencial, discutir as ideias com seus pares.

Os alunos, organizados em duplas ou pequenos grupos, são convidados a participar de uma dinâmica de perguntas e respostas. Na medida em que vão ocorrendo os acertos das questões, outras vão sendo feitas. Após cada pergunta, os alunos têm um pequeno tempo para formular e apresentar suas próprias respostas, sem auxílio dos colegas ou professores. Esse passo é feito em silêncio (aluno-professor) e pode ser feita, por exemplo, com o auxílio de *flash cards* (A, B, C, D); das próprias mãos, utilizando os dedos para indicar a alternativa correta (um dedo para A, dois dedos para B, etc.), ou ainda usando os *Plickers* [18], o que dá dinamismo ao processo.

Após o professor verificar as respostas (aluno-professor), os alunos são convidados a conversar entre si (aluno-aluno). Esse passo torna possível verificar se há mudança nas respostas finais fornecidas, partindo do pressuposto de que o aluno detentor da resposta correta vai persuadir os colegas a seguir-no.

A dinâmica ocorre com base no nível de acertos das questões, fato que define a direção a ser seguida. Se abaixo de 30%, o professor repete, de forma

diferente, a explicação. Os alunos são convidados a discutir as divergências em grupo, para então chegarem a um consenso. Isso ocorre durante uma breve discussão e, em seguida, eles são chamados a dar uma resposta final. Com o aumento de acertos, a aula segue adiante [17]. Dessa maneira, há uma sequência a ser seguida, iniciada pelos estudos prévios, seguida pela avaliação e interação constantes, tendo o aluno como sujeito ativo do processo de ensino e aprendizagem. De modo prático, a proposta traz o objetivo de mobilizar os alunos a estudar.

Sabendo que uma parte dos alunos não realizam as leituras dos textos com antecedência, uma breve apresentação foi feita no início de cada encontro. Assim, houve um esforço no sentido de reforçar os conceitos dos que fizeram a leitura prévia e assessorar aqueles sem essa leitura, para que estejam minimamente cientes do assunto a ser trabalhado.

3.2. *SCALE-UP*

A metodologia *SCALE-UP* (*Student-Centered Activities for Large Enrollment Undergraduate Programs* - literalmente, “atividades centradas no estudante para programas de graduação com turmas grandes”), também conhecida como “ambiente de aprendizagem ativo centrado no aluno”, foi desenvolvida por Robert Beicher na Universidade Estadual da Carolina do Norte. Basicamente é um conjunto de práticas que torna o aluno participativo no processo pedagógico, no qual ele não tem a primeira exposição ao conteúdo no ambiente escolar. De maneira semelhante ao método anterior, a nova proposta exige

que os alunos se preparem antes de ir para a aula, por meio de leituras orientadas. Na aula se discute o que foi previamente lido, onde cabe ao professor evidenciar os pontos principais, promovendo debates e enriquecendo os diálogos [19].

A metodologia procura gerar um ambiente de aprendizagem que incentive os alunos a compartilharem conhecimentos entre si, questionando e

ensinando uns aos outros [19]. A tecnologia vem em auxílio ao estudante que, estando imerso em um ambiente interativo, é chamado a observar os fenômenos estudados, coletar dados e analisar a modelagem matemática deles, usando os laboratórios tecnológicos (aluno-saber científico).

A SCALE-UP é um conjunto de práticas que torna o aluno participativo no processo pedagógico, no qual ele não tem a primeira exposição ao conteúdo no ambiente escolar

Como ressalta Henriques [20], o *SCALE-UP* se difere pelo uso da tecnologia (aluno-tecnologia); as aulas contam com atividades projetadas na tentativa de favorecer as observa-

ções dos fenômenos estudados, potencializando o ato de refletir e discutir os saberes com seus pares e com o professor. As novas tecnologias vêm novamente em auxílio a essas experiências, quando os alunos são motivados a usar seus computadores e mesas especiais, em formato hexagonal, que auxiliam na cooperação discente por meio da formação de grupos de estudo (aluno-ambiente). Na ausência das mesas especiais, os alunos foram organizados em três quartetos. As mesas postas em formato de retângulo auxiliaram as devidas relações discentes já citadas na fundamentação teórica.

4. A tecnologia utilizada

A instrumentalização tecnológica presente trouxe como principal objetivo despertar o interesse discente nos estudos de física e lógica. O trabalho propôs amparar os conceitos científicos com o manejo planejado do Arduino, do Raspberry Pi e da montagem de um braço robótico impresso em 3D. O uso da tecnologia auxiliou na dinamização da aula, servindo de ponte para aproximar o conceito da experiência concreta, estimulando a uma participação discente mais ativa.

4.1. *Raspberry Pi*

O Raspberry Pi é um pequeno computador com múltiplas funções e pode ser conectado a um monitor e anexado a um teclado e mouse. Sua origem vem de uma instituição de caridade no Reino Unido que tem como ideal disseminar os recursos digitais em escala mundial, fornecendo computadores de baixo custo e alto desempenho, ajudando as pessoas a estudar computação e criação digital [21].

4.2. *Arduino*

O Arduino é uma plataforma de

prototipagem eletrônica de hardware e software de código mundialmente aberto. Criado por volta de 2005 na Itália pelo professor Massimo Banzi do *Interaction Design Institute Ivrea*, hoje está popularmente consolidado, principalmente entre os engenheiros e técnicos em eletrônica [22].

Por possuir código aberto, o Arduino beneficia-se de constantes contribuições de pessoas que refinam seu código e oferecem exemplos, tutoriais, fóruns e grupos em todo o mundo. Desse modo, novidades introduzidas ampliam cada vez mais suas possibilidades de aplicação [22].

4.3. Impressão 3D

A Tecnologia de Impressão 3D oferece uma boa alternativa para a construção de modelos tridimensionais. No modo FMD (*fusion deposition modeling*), são moldados por meio do depósito de sucessivas camadas de material plástico PLA (termoplástico biodegradável derivado de amido de milho, raízes de mandioca e cana) aquecido previamente em uma pequena câmara pressurizada. Por meio dessa tecnologia constrói-se um objeto tridimensional em um modelo computacional, por meio de softwares próprios para isso. Tanto o software quanto modelos computacionais prontos podem ser encontrados gratuitamente na internet. Outra maneira de se obter uma configuração 3D para impressão é o uso de *scanners* tridimensionais.

É importante entender que todo modelo é uma representação parcial da realidade. Studer e cols. [23] ressaltam que os modelos são apenas uma boa aproximação da realidade e que, no caso de modelos de impressão 3D, embora a peça possua características que a aproximam do objeto desejado, fica evidente que sempre há características impossíveis de reproduzir.

A versatilidade da impressão 3D impulsiona a criatividade dos alunos na resolução de problemas. Para a física, a visualização de conceitos é essencial para o progresso intelectual dos alunos, possibilitando trabalhar atividades experimentais mais eficazes ao ensino. Conforme afirma Alves Filho [5], essa atividade deve ser manipulada pelo professor como um objeto de ação, visando facilitar o ensino dos saberes. Seja criando a visualização de um conceito ou utilizando-se de arquivos disponíveis na internet para reproduzir experimentos, o aluno pode ser constantemente desafiado ao envolvimento

ativo no desenvolvimento da disciplina.

5. Desenvolvimento e resultados

O projeto foi composto por quatro encontros semanais de duas horas cada. Durante as aulas, os instrumentos utilizados foram:

- Arduino Uno R3;
- Protoboard 170 pontos;
- LED difuso 5 mm;
- Resistor de 220 ohms;
- Jumpers - Macho/Macho de 10 cm;
- Micro Servo Motor 9g SG90;
- Braço Robótico impresso em 3D;
- Raspberry Pi3 Pi 3 Model B Quadcore 1.2Ghz;
- Software de blocos lógicos Scratch.

Cabe salientar que em um ambiente de ensino enriquecido com muitos instrumentos, a concorrência pelo material mais atrativo se impõe e corre-se o risco de dispersar a atenção do aluno. Assim, a dinâmica da aula passa a ser de suma importância, sendo os elementos constitutivos do ambiente de estudo dados de maneira gradual, seguindo um cronograma predeterminado. Ele precisa oferecer condições de maleabilidade, devido às diferentes características de cada novo encontro.

Nesse cronograma os estímulos precisam ser direcionados para um objetivo comum, facilitando ao aprendiz o alcance das novas descobertas. A tecnologia também permite construir novas formas de avaliação, fazendo com que os alunos explorem os limites das atividades experimentais e, assim, cheguem a novas aplicações, fato

inovador inexistente no método tradicional.

A sala de aula foi configurada de maneira a favorecer as cinco relações: aluno-tecnologia, aluno-professor, aluno-aluno, aluno-ambiente e aluno-saber científico. Para isso, os estudantes foram organizados em grupos de três nas mesas, as quais foram dispostas pela sala em formato de retângulo. Na entrada da sala havia um quadro branco e projeção de slides, que eram utilizados apenas em momentos-chaves como, por exemplo, na introdução da aula ou nas explicações do funcionamento das tecnologias e suas aplicações.

No primeiro encontro, procurou-se conscientizar os alunos sobre o universo da aprendizagem, mostrando que há várias formas de ensinar e aprender e explicando qual o papel da memória, da atenção, dos sentidos e das percepções. Atentou-se também para o fato de que a aprendizagem não ocorre só no mundo das ideias, mas também no mundo físico, por meio de novas comunicações crescentes entre regiões cerebrais ao longo do tempo [16].

Os alunos foram apresentados aos materiais e puderam ver e manusear o Raspberry Pi, algumas peças impressas em 3D e o Arduino. Com isso, deu-se o início das práticas, motivando-os a montar um circuito com um resistor e um LED em uma protoboard, controlados por Arduino (Fig. 1).

Esse encontro foi estruturado seguindo os seguintes critérios:

- Iniciar a aula de forma conceitual

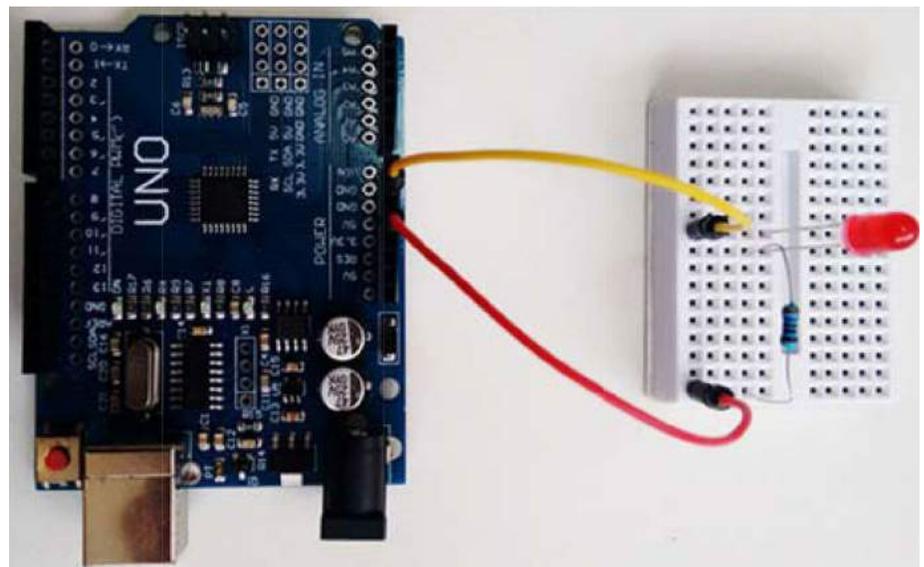


Figura 1 - Circuito com resistor e led.

para ajudar a entender como se dá o aprendizado da perspectiva da neurociência cognitiva [16];

- Apresentá-los às novas tecnologias utilizadas durante as aulas;
- Motivá-los a resolver um desafio tecnológico em grupo, com o mínimo de auxílio docente.

Os alunos, por sua vez, demonstraram grande interesse na atividade, participando ativamente, questionando, motivando-se mutuamente a trabalhar no circuito. A afinidade dos alunos com a proposta estabelecida era evidente. Isso confirma o pensamento de [10, 11], citados na seção 1, quando se referem à nova forma de aprender dos alunos atuais, também chamados de “geração conectada”.

No segundo encontro houve a escolha por abordar conceitos científicos a partir dos sentidos humanos: audição, tato, visão, olfato e paladar. O intuito foi conscientizá-los de que seus sentidos possuem limites e as descobertas científico-tecnológicas auxiliam nessa questão. As atividades aplicadas para evidenciar os limites de cada sentido humano foram:

- Visão: Infravermelho captado por uma câmera de celular e não por nossos olhos.
- Olfato: Perfumes intensos dificultam perceber perfumes suaves.
- Paladar: Ao experimentar limão e beber água pura, percebe-se um sabor no líquido.
- Audição: Variando a frequência de 20 Hz a 20.000 Hz verificam-se discrepâncias auditivas.
- Tato: Ao tocar em metal e em madeira confunde-se a percepção de

quente e frio.

No decorrer da aula, os alunos ficaram surpresos quando, por meio da mediação das atividades didáticas, descobriram a amplitude da natureza e a limitação dos seus sentidos. Por exemplo, é impossível determinar a temperatura com o tato, tampouco perceber com os olhos as ondas eletromagnéticas de frequências acima ou abaixo da faixa do espectro visível (de $4,3 \times 10^{14}$ Hz até $7,5 \times 10^{14}$ Hz). Essas descobertas trazem implicitamente uma característica emocional, envolvendo o estudante na busca por respostas pelos meios científicos [6]. Nesse sentido, esse processo educacional supera os estigmas criados social e cognitivamente que atribuem à física um caráter incompreensível e desconexo da realidade, agregando ao estudo uma sensação agradável de satisfação pelo sucesso do aprendizado.

Na inserção didática do servomotor, oportunizou-se sua conexão a um circuito controlado por três botões ligados ao Arduino já programado (Fig. 2).

Ao acionar os botões, era possível perceber que o servomotor realizava movimentos precisos. Nesse momento, houve uma intervenção teórica sobre ângulos e plano cartesiano, mostrando que o servomotor funciona com ângulos e a impressora 3D com plano cartesiano. Ao fim do encontro, com o transferidor, os alunos mediram os ângulos de rotação do servomotor e os compararam com os valores expressos na linguagem de programação exibida a eles por meio de slides.

Apesar de esse desafio ter sido mais complexo que o da aula anterior, os

alunos demonstraram um excelente nível de participação, empenhados na concretização do circuito proposto. Essas evidências indicam que a multidisciplinaridade utilizada se demonstrou potencialmente efetiva, uma vez que uniu o aprendizado à motivação [6].

O terceiro encontro iniciou-se com uma revisão da relação entre ângulos, força mecânica resultante, braço de alavanca e momento de uma força resultante. Nesse estágio, a *Peer Instruction* foi utilizada como ferramenta metodológica a fim de conduzir o processo.

Houve uma explicação dos passos a serem seguidos para a correta aplicação da metodologia, ou seja, uma pergunta seria projetada no *datashow* e o professor realizaria a leitura com eles. Na sequência, teriam um breve tempo para pensar em silêncio na resposta e chamar o professor para dizer em voz baixa qual a opção escolhida. Só após esta etapa poderiam socializar a escolha com seus colegas. Logo depois falariam em voz alta se mudaram ou não de alternativa. Os alunos foram submetidos a algumas questões das quais vale ressaltar três:

- Qual dos ângulos torna mais fácil suportar o peso de uma cadeira erguida do chão com os braços estendidos? a) 0°; b) 30°; c) 45°; d) 70°.
- Ao suportar o peso de uma cadeira erguida do chão, qual posição dos braços torna mais difícil esta tarefa? a) Braços totalmente estendidos; b) Braços semi flexionados; c) Braços formando um ângulo de 90° entre o braço e o antebraço; d) A posição dos braços não tem influência no esforço realizado.
- Como um guindaste pode diminuir o esforço feito por ele? a) trabalhando com ângulo de 0°, colocando o peso a ser erguido na extremidade da sua haste; b) o esforço de um guindaste não depende do ângulo da haste em que o objeto é içado; c) deslocando o objeto no sentido da extremidade para o centro do guindaste; d) o esforço de um guindaste não depende da posição em que o objeto é içado.

Houve dificuldades em seguir os passos estipulados pela metodologia *Peer Instruction*. A vitalidade discente e a urgência em expressar o que pensavam impediu a correta aplicação da metodologia; sendo assim, foi decidido que nos encontros seguintes os alunos seriam reunidos em grupos e colocados

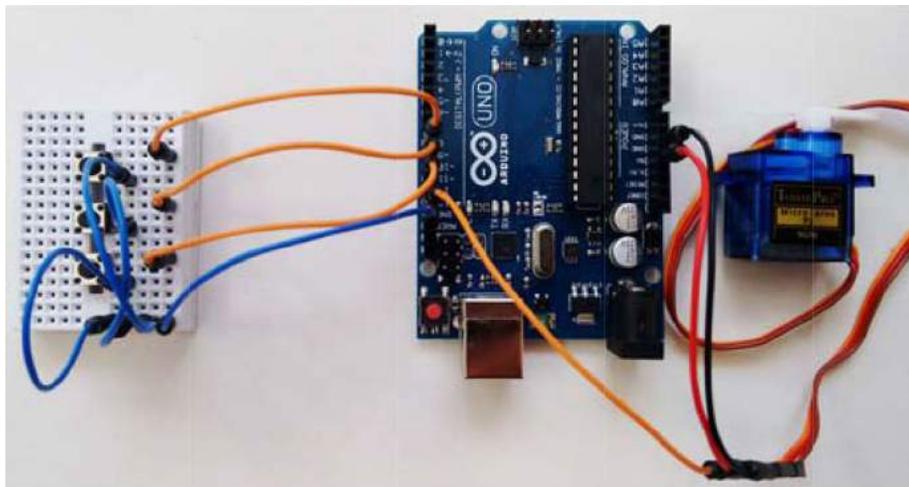


Figura 2 - Servomotor controlado por Arduino.

a fazer experimentos no modelo SCALE-UP. Mesmo dentre a confusão causada pelas falas e discussões simultâneas dos alunos, ficou evidente que havia divergência nas respostas, o que proporcionou a intromissão do professor para auxiliar nas explicações.

Foi então entregue um conjunto contendo as partes do braço robótico para a construção de um guindaste (Fig. 3), que deveria ser montado por eles.

Como conclusão da aula, a fim de revisar os conceitos físicos estudados, o professor chamou um aluno à frente e pediu que segurasse uma cadeira com os braços estendidos na horizontal. Percebendo sua força para sustentá-la, o professor perguntou aos alunos da sala o que ele poderia fazer para minimizar seu esforço. Duas respostas foram dadas; a primeira referia-se aos braços estendidos, afirmando que se ele os aproximasse do corpo ficaria mais fácil a sustentação; a segunda falava da inclinação dos braços para cima ou para baixo, interferindo no esforço feito. Desse modo, fica claro que os alunos se mostraram capazes de responder adequadamente, com sua linguagem própria, qual a relação existente

entre o comprimento da alavanca e o ângulo de inclinação, com o peso que ela suporta e a força que ela pratica.

No quarto encontro, a partir do guindaste construído pelos alunos, foi proposta a construção do braço robótico e sua ativação por meio do Arduino já programado (Fig. 4). Por ser uma tarefa mais exigente, houve auxílio constante do professor durante a montagem. O resultado alcançado promoveu nos alunos grande satisfação por serem capazes de completar a tarefa.

No decorrer desse último encontro, os alunos ainda foram convidados a desenvolver uma sequência lógica no software Scratch, inserido na plataforma do Raspberry Pi. O Scratch é uma linguagem de programação projetada pelo grupo Lifelong Kindergarten no MIT Media Lab [24]. Ele explora um conjunto de programações visuais focada na criação de uma sequência lógica de animações para um personagem criado pelo próprio aluno. Dessa maneira, é facilitada a aprendizagem da lógica de programação.

Durante o processo de desenvolvimento desse projeto, houve forte influência de três pensadores na sua configuração: Alves Filho [5], Maxwell *apud*

Evangelista [25] e Ausubel *apud* Peduzzi [26].

Alves Filho [5], ao definir a importância vinculada ao processo de atividades experimentais, afirma que estas atividades se comportam como objetos didáticos, resultantes de uma Transposição Didática de concepções construtivistas da experimentação e do método experimental. Sendo assim, deve ser versátil, a fim de mediar nas mais diferentes ocasiões em que ocorre o diálogo sobre o saber no processo de ensino-aprendizagem. Cabe salientar, que representa um objeto de ação que, manuseado corretamente pelo professor, fixa-se na fala construtivista favorecendo a definição do fenômeno didático que objetiva o ensino de saberes.

De maneira complementar, Maxwell [25] contribui ao dizer que quanto mais simples e familiares são os materiais apresentados aos estudantes, mais chances haverá de entender o que a atividade experimental pretende demonstrar. O valor educacional destas atividades é inversamente proporcional à sua complexidade. Os alunos quando submetidos a instrumentos simples, em geral, aprendem mais do que quando utilizam instrumentos cuidadosamente



Figura 3 - Conjunto do guindaste montado pelos alunos.

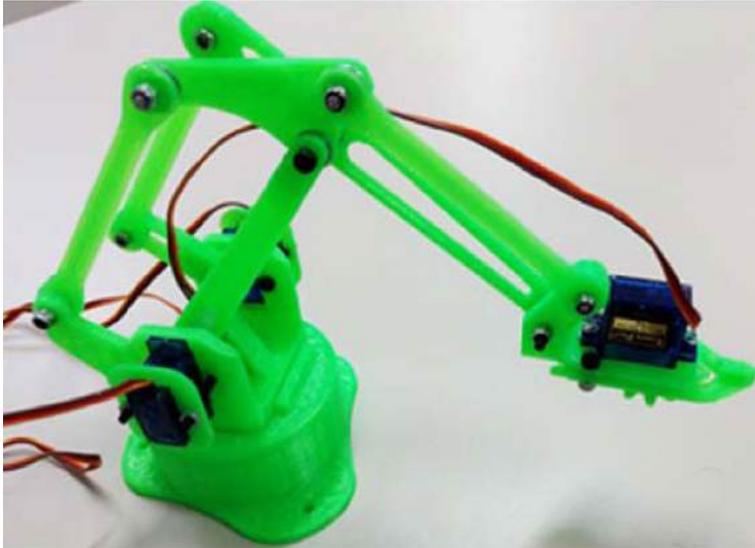


Figura 4 - Braço Robótico montado pelos alunos.

ajustados, nos quais tem confiança plena e não se atrevem a desmontar. É extremamente necessário a ajuda de exemplos ilustrativos acessíveis ao nível de abstração do aluno, para que assim, os saberes apresentados sejam reconhecidos fora do contexto escolar.

Por fim, a contribuição de Ausubel [26], ao tratar de seu modelo chamado aprendizagem significativa, desvenda uma verdade inquietante a respeito do real aprendizado dos alunos. Independentemente de quão significativo é a atividade experimental, se o aprendiz não quer aprender, tanto o processo de aprendizagem como a aprendizagem serão mecânicos ou sem significado. De igual forma, se o aluno estiver predisposto a aprender, nem o processo nem a aprendizagem serão significativos se o material não for significativo para ele.

Dentro desta concepção, seria no mínimo ingênuo suprimir do processo educativo a disposição discente de dar seguimento ao propósito pedagógico previamente estipulado pelo professor. Por mais que os alunos estejam inseridos num contexto educacional que valoriza suas ações e ideias, que lhes oferecem oportunidades significativas de desenvolver suas potencialidades acadêmicas e aprendizados, assim como aperfeiçoar a sociabilidade, de forma que as práticas experimentais estejam enriquecidas com o ponto de vista particular e a discussão em grupo, se ele não estiver disposto a participar, todo o processo de aprendizagem poderá ser sem significado.

6. Dicas para realizar a sequência didática

O Raspberry Pi pode ser substituído por um computador ou notebook. Porém, se há o desejo de fazer uso dessa plataforma eletrônica, a configuração do sistema operacional para fazer o Raspberry-Pi funcionar com o Scratch pode ser encontrada por meio de uma pesquisa nos sites de buscas. Como sugestão coloca-se o endereço de Muntodibrasil [27].

Mesmo sendo a impressão 3D um recurso fantástico, nem todos tem a habilidade necessária para projetar um braço robótico ou a impressora 3D. Para tanto, como material suplementar pode-se utilizar o projeto do braço oferecido do site Howtomechatronics [28]. Outra opção é comprar o braço já pronto [29].

Cabe salientar que o Scratch utilizado não foi o da versão modificada para interagir com o Arduino, mas caso haja o desejo de seguir por esse caminho, veja no site S4A [30].

Fica como sugestão outra forma de programar o Arduino parecida com o Scratch, porém integrada diretamente na IDE desse equipamento, o ArduBlock [31].

Com relação aos códigos utilizados no do programa fonte Arduino:

- Para montar um circuito com um resistor e um LED em uma protoboard, controlado por Arduino (Fig.1), veja no site do Arduino [32].
- Para colocar o guindaste (Fig. 2) constituído por um servomotor e três

botes para funcionar, veja no site Arduinoecia [33].

- Para fazer o braço robótico funcionar, basta inserir códigos de movimentos para cada servomotor; para tanto, veja como acionar um servomotor no site Filipeflop [34].

7. Considerações finais

A sequência didática construída nesses quatro encontros fez uso de artefatos tecnológicos que, seguindo uma ordem pré-estipulada, motivou o estudo de conteúdos de física mediados por atividades experimentais construídas e manipuladas pelo aluno. A intenção foi estimular os alunos por meio de inovações tecnológicas conduzidas por metodologias mais ativas. Nesse sentido, foram abordados conceitos de momento de uma força e lógica, utilizando o diálogo e cinco relações discentes: Aluno-Aluno; Aluno-Tecnologia; Aluno-Ambiente; Aluno-Saber e Aluno-Professor.

A tecnologia foi tratada de maneira a ser facilmente utilizada e compreendida pelos alunos, entendida como parte de um todo e permeada pelas metodologias *Peer Instruction* e *SCALE-UP*. Essas características objetivam enriquecer as interações pertinentes e potencializar o processo de ensino e aprendizagem.

Quanto às motivações e estímulos didáticos destinados ao interesse do aluno pelo aprendizado, esse projeto foi em busca da inovação pedagógica, tornando possível conhecer as variáveis intrínsecas à inserção de tecnologias no contexto educacional, chegando ao consenso de que inovação não é sinônimo de inserção tecnológica, tampouco de novas metodologias. Inovar reflete a necessidade de integrar esses dois mundos.

No que tange ao processo de aprendizagem, os alunos devem ser o centro do processo, sujeitos ativos e corresponsáveis, junto com o professor, pelo processo de aprendizagem. Nesse contexto, o professor é visto como alguém que indica o caminho e os objetivos a serem alcançados, atuando como motivador e instrutor, direcionando os alunos no decorrer de cada atividade de modo a potencializar consideravelmente as chances de sucesso no aprendizado [8].

Houve indícios que os alunos conseguiram relacionar o conhecimento teórico com o conhecimento prático, encontrando significado no que foi estudado.

Com relação às dificuldades encontradas na aplicação desse trabalho, pode-se afirmar que algumas têm origem cultural nos julgamentos sobre a física, tida como disciplina árdua e sem conexão com a realidade. Verificou-se que esse fato vai além da sala de aula, enraizado no contexto social e familiar

dos estudantes. Outro ponto foi o descrédito da inovação e seu baixo incentivo no contexto escolar brasileiro, traduzido na falta de parceiros que acreditem no investimento em inovação educacional e exemplificado pela dificuldade em conseguir um local para aplicar e dar prosseguimento ao pro-

jeto.

Como possível proposta de prosseguir o trabalho, avançando para os ensinos médio e superior, propõe-se uma formação continuada aos professores.

Referências

- [1] J.C. Libâneo, *Adeus Professor, Adeus Professora? Novas Exigências Educacionais e Profissão Docente* (Cortez, São Paulo, 2006), v. 1, 104 p.
- [2] G. Grabowski, *Revista Textual* **2**, 17 (2013).
- [3] C.L. Fernandes, P.H.L. Nascimento, J.G.N. Soares, M.J. Oliveira, in: *Anais do III Congresso Nacional de Educação*, Natal, 2016 (Realize Eventos Científicos e Editora LTDA, Natal, 2016), p. 1.
- [4] J.N.G. Sanchez, *Dificuldades de Aprendizagem e Intervenção Psicopedagógica* (Artmed, Porto Alegre, 2004), v. 1, 312 p.
- [5] J.P. Alves Filho, *Atividades Experimentais: do Método à Prática Construtivista*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2000.
- [6] J.F. Custódio Filho, *Explicando Explicações na Educação Científica: Domínio Cognitivo, Status Afetivo e Sentimento de Entendimento*. Tese de Doutorado, Universidade Federal de Santa Catarina, 2007.
- [7] A.P. Marcelo, A.V. Eliane, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **28**, 241 (2006).
- [8] L.M. Oliveira, L.M.F. Pereira, M.M. Souza, F.L. Evangelista, P.A.F. Aragão, in: *Anais do VII Congresso Internacional de Conhecimento e Inovação*, Foz do Iguaçu, 2017 (Ciki, Foz do Iguaçu, 2017), p. 1.
- [9] M.N. Sampaio, L.S. Leite, *Alfabetização Tecnológica do Professor* (Vozes, Petrópolis, 2010), v. 1, 56 p.
- [10] S. Bennett, K. Maton, L. Kervin, *British Journal of Educational Technology* **39**, 775 (2008).
- [11] M. Prensky, *On the Horizon*. **9**, 1 (2001).
- [12] V. Otero, D. Peressini, K.A. Meymaris, P. Ford, T. Garvin, D. Harlow, C. Mears, *Journal of Teacher Education* **56**, 8 (2005).
- [13] O.D. Pastana, N. Claudionor, G. Italo, *Revista Brasileira de Ensino de Física* **40**, 1402 (2018).
- [14] T.F. Münte, E. Altenmüller, L. Jäncke, *Nature Reviews Neuroscience* **3**, 473 (2002).
- [15] R. Pelletier, J. Higgins, D. Bourbonnais, *BMC Musculoskeletal Disorders* **16**, 25 (2015).
- [16] R. Cosenza, L. Guerra, *Neurociência e Educação: Como o Cérebro Aprende* (Artmed, Porto Alegre, 2011), v.1, 151p.
- [17] E. Mazur, *Peer Instruction: A User's Manual* (Prentice Hall, Saddle River, 1997), v. 1, 201 p.
- [18] Site Plickers <https://get.plickers.com/>, acesso em 2/1/2019.
- [19] R.J. Beichner, J.M.Saul, D.S. Abbott, J.J. Morse, D. Deardorff, R.J. Allain, J.S. Rislely, *Research-Based Reform of University Physics* **1**, 2 (2007).
- [20] V.B. Henriques, C.P.C. Prado, A.P. Vieira, *Revista Brasileiro de Ensino de Física* **36**, 1 (2014).
- [21] Site Oficial Raspberry Pi, <https://www.raspberrypi.org/products/raspberry-pi-3-model-b/>, acesso em 29/1/2018.
- [22] Site Oficial Arduino, <https://www.arduino.cc/>, acesso em 29/1/2018.
- [23] R. Studer, B.V. Richard, D. Fensel, *Data and Knowledge Engineering* **25**, 161 (1998).
- [24] Site Scratch, <https://scratch.mit.edu/parents/>, acesso em 29/Jan./2018.
- [25] F.L. Evangelista, *Revista Educação, Artes e Inclusão* **1**, 1 (2008).
- [26] S.S. Peduzzi, *Uma Abordagem Ausubeliana ao Ensino de Eletricidade e Magnetismo em Nível Universitário Básico*. Dissertação de Mestrado, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1981.
- [27] Site Mundotibrasil, <https://www.mundotibrasil.com.br/como-baixar-e-instalar-o-sistema-operacional-no-raspberry-pi-3/>, acesso em 1/1/2019.
- [28] Site Howtomechatronics, <https://howtomechatronics.com/tutorials/arduino/diy-arduino-robot-arm-with-smartphone-control/>, acesso em 3/1/2019.
- [29] Site Produto, https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1011158920-kit-braco-robotico-educacional-para-arduino-sem-servos-_JM, acesso em 4/1/2019.
- [30] Site S4A, <http://s4a.cat/>, acesso em 4/1/2019.
- [31] Site Teachduino, <http://teachduino.ufsc.br/ardublock-edicao-para-fisica/>, acesso em 4/1/2019.
- [32] Site Arduino, <https://www.arduino.cc/en/tutorial/blink>, acesso em 2/1/2019.
- [33] Site Arduinoecia, <https://www.arduinoecia.com.br/2013/06/controlando-um-servo.html>, acesso em 2/1/2019.
- [34] Site Filipeflop, <https://www.filipeflop.com/blog/micro-servo-motor-9g-sg90-com-arduino-uno/>, acesso em 2/1/2019.