

Proposta para o ensino de matrizes através do circuito eletrônico Arduino

RESUMO

Vivemos em uma época onde há diversos estudos demonstrando que o ensino de Matemática deve ser feito de modo criativo, que envolva o uso de diferentes tecnologias e que torne o estudante protagonista do processo de ensino e aprendizagem. Este artigo apresenta um produto educacional descrito como uma proposta de ensino de conceitos de matrizes, com duas diferentes atividades, utilizando um circuito eletrônico: o Arduino. Esta proposta foi desenvolvida para ser utilizada com estudantes do Ensino Médio, tanto em sala de aula como em laboratório de eletrônica ou informática. Participaram das atividades os estudantes de uma turma do segundo ano de um curso técnico integrado ao Ensino Médio da cidade de São Paulo no ano letivo de 2016. Para o desenvolvimento da pesquisa utilizamos a metodologia de pesquisa qualitativa, tendo como método a pesquisa bibliográfica, a pesquisa-ação e a aplicação de uma entrevista semiestruturada aos participantes. Como metodologia de ensino utilizamos na nossa proposta a investigação e a experimentação matemática. Os resultados indicam, principalmente, que os estudantes consideram a aula com o recurso do Arduino mais motivadora, dinâmica e participativa, promovendo a interdisciplinaridade com outros conteúdos e a associação do aprendizado escolar com o cotidiano, despertando a curiosidade e o senso investigativo, além de outras considerações. A principal vantagem de nossa proposta de ensino é que ela propicia a interação direta dos estudantes com um experimento durante as aulas de matemática.

PALAVRAS-CHAVE: Ensino de Matemática. Arduino. Matrizes. Ensino Médio.

**Fábio Anderson de Assumpção
Silva**

fabioassumpcao@gmail.com

orcid.org/0000-0002-2342-2201

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de São Paulo (IFSP), São
Paulo, São Paulo, Brasil

**Mariana Pelissari Monteiro Aguiar
Baroni**

mariana.baroni@gmail.com

orcid.org/0000-0002-4670-122X

Instituto Federal de Educação, Ciência e
Tecnologia de São Paulo (IFSP), São
Paulo, São Paulo, Brasil

INTRODUÇÃO

A Matemática é uma Ciência importantíssima na compreensão da natureza. Diversos modelos matemáticos são utilizados para modelar a dinâmica de fenômenos naturais, sociais, entre outros. Segundo os Parâmetros Curriculares Nacionais –PCN,

A Matemática é componente importante na construção da cidadania, na medida em que a sociedade utiliza, cada vez mais, de conhecimentos científicos e recursos tecnológicos, dos quais os cidadãos devem se apropriar (BRASIL, 1997, p. 19).

Assim, podemos dizer que para ensinar Matemática hoje não basta utilizar lousa e giz, mas também utilizar todos os recursos tecnológicos disponíveis. Ademais, os PCN (BRASIL, 1997) também abordam o fato de que o professor não deve utilizar apenas um meio para atingir seus objetivos, mas sim utilizar de todos os métodos e ferramentas disponíveis para a formação completa do estudante, estimulando-o a criar, comparar, discutir e ampliar ideias.

Segundo alguns autores, tais como Fiorentini e Lorenzato (2007), Ponte, Oliveira e Brocardo (2003), Braumann (2002) e Brousseau (1996, *apud* Batanero, 2001), a investigação e experimentação matemática podem ser estes métodos, que fazem com que o estudante saia do papel de figurante, caracterizado no “ensino bancário”, tão criticado por Freire (1996), e assuma um papel de protagonista do aprendizado. A investigação e a experimentação matemática “conduzem” o estudante a agir como um pesquisador, propiciando a ele a oportunidade de construir seu conhecimento tendo em vista a exploração das informações fornecidas na situação problema. Esta característica fornece a oportunidade de coletar dados, realizar pesquisas e expor os resultados alcançados por ele.

Segundo este raciocínio, Andery *et al.* (1996) afirmam que a experiência confirma as possíveis suposições deduzidas dos princípios gerais. Logo, podemos dizer que a experimentação valida as investigações e confirma o modelo e as suposições feitas.

Para auxiliar este processo de investigação e experimentação matemática, dispomos atualmente de recursos tecnológicos digitais, tais como celulares, *tablets*, computadores, internet, entre outros. A utilização dessas novas tecnologias é essencial no processo de aprendizagem, não podendo estar à margem do processo. Segundo Valente (1999, p. 3), essas novas tecnologias permitiram:

[...] também a divulgação de novas modalidades de uso dos computadores na educação, como ferramenta no auxílio de resolução de problemas, na produção de textos, manipulação de banco de dados e controle de processos em tempo real [...]

Mercado (1999) também afirma que as novas tecnologias ajudam o professor na sua atividade de transmitir conhecimento de forma cada vez mais criativa, dinâmica, auxiliando novas descobertas, investigações e levando em conta o diálogo na construção do conhecimento.

Partindo destas possibilidades do uso de novas tecnologias também para o ensino de Matemática, escolhemos o conteúdo de Matrizes para este trabalho, uma vez que, conforme menciona Sanches (2002, p. 6),

[...] o ensino–aprendizagem de matrizes é um ensino voltado para a transmissão de regras descontextualizadas da realidade e da própria Matemática, em total descompasso com os avanços tecnológicos [...]

Assim, podemos dizer que o ensino descontextualizado de matrizes pode ser desmotivador para o estudante. Entretanto, tais conceitos têm grande importância nas mais diversas áreas de conhecimento, como descreve Costa e Lopes (2015, p. 2):

[...] Os estudos de matrizes se justificam por contribuir com os avanços científicos e tecnológicos, destacando-se nos campos mais variados como: na engenharia, na informática, na administração, na economia, dentre outros segmentos que possam envolver organização de dados em tabelas [...]

Essa reflexão pode ser considerada uma motivação para este trabalho, uma vez que buscamos utilizar um recurso tecnológico digital que possibilite ao estudante aprender os conceitos de matrizes de forma interativa e prazerosa, bem diferente do ensino tradicional.

Filho (2013) critica o ensino tradicional de matrizes, quando este não lhe dá o real significado de sua importância. Dessa maneira, o ensino de matrizes deve ser de certa forma mais contextualizado e levar o estudante a perceber a importância das matrizes como uma ferramenta que o auxilie na resolução de atividades práticas em seu cotidiano.

Assim, este artigo tem como objetivo apresentar o produto educacional oriundo da pesquisa que busca uma proposta para o ensino de matrizes no Ensino Médio, contextualizada, por meio da associação da investigação e experimentação matemática, utilizando o Arduino como recurso tecnológico, de forma que o estudante seja o protagonista em todo o processo.

Em relação à abordagem do problema, este artigo apresenta uma pesquisa qualitativa, segundo Neves (1996), uma vez que a direcionaremos para o ensino de matrizes, não buscando medir ou enumerar eventos. Podemos mencionar também que, em relação ao objetivo principal, esta pesquisa é classificada como descritiva e exploratória, de acordo com Gil (2002), dado que utilizaremos um levantamento bibliográfico sobre a investigação e experimentação matemática, em busca de uma familiarização com o problema e na atuação do professor que utiliza o nosso produto educacional.

Dessa forma, este artigo está dividido em mais três seções: onde a próxima seção apresenta uma breve introdução à investigação e à experimentação matemática e como essas teorias se relacionam; a seção seguinte apresenta a nossa proposta de ensino, descrevendo também o circuito eletrônico Arduino, as atividades que englobam o nosso produto, e resultados da aplicação em uma turma; e por fim, a última seção que apresenta nossas considerações finais que abordam as vantagens na adoção do nosso produto e nossas perspectivas futuras.

INVESTIGAÇÃO E EXPERIMENTAÇÃO MATEMÁTICA

Esta seção apresenta alguns conceitos de ensino de Matemática que veem ao encontro do nosso objetivo e auxiliam o nosso plano de ação no ensino de matrizes para os estudantes: a investigação matemática e a experimentação matemática. Ambas são utilizadas neste artigo como abordagem para a composição de nosso produto educacional.

O ensino de Matemática vem passando por diversas mudanças em suas estruturas e metodologias devido às pesquisas em Educação que revelam que os métodos tradicionais já não surtem os efeitos desejados pela sociedade contemporânea. Os PCN (BRASIL, 1997) fazem referência a novas atitudes e citam a investigação como um dos objetivos para o ensino.

Para aplicar os conceitos de investigação matemática é necessário apresentar aos estudantes um conjunto de atividades que envolvam os conceitos matemáticos, de modo que os alunos tenham a oportunidade de experimentar, discutir, formular, conjecturar, generalizar, provar, comunicar suas ideias e tomar decisões. Portanto, organizar o currículo matemático de forma a fazer uso de atividades investigativas permitindo a liberdade de criação e a oportunidade de questionar e de utilizar diferentes representações, buscando diferentes métodos de resolução para as atividades propostas.

Braumann (2002, p. 5) mostra a importância de se ensinar Matemática por meio da investigação matemática, adequando-a a cada nível de ensino, quando diz que:

Aprender Matemática não é simplesmente compreender a Matemática já feita, mas ser capaz de fazer investigação de natureza matemática (ao nível adequado a cada grau de ensino). Só assim se pode verdadeiramente perceber o que é a Matemática e a sua utilidade na compreensão do mundo e na intervenção sobre o mundo. Só assim se pode realmente dominar os conhecimentos adquiridos. Só assim se pode ser inundado pela paixão “detectivesca” indispensável à verdadeira fruição da Matemática. Aprender Matemática sem forte intervenção da sua faceta investigativa é como tentar aprender a andar de bicicleta vendo os outros andar e recebendo informação sobre como o conseguem. Isso não chega. Para verdadeiramente aprender é preciso montar a bicicleta e andar fazendo erros e aprendendo com eles.

Vemos que a investigação matemática propicia aos estudantes um aprendizado completo, com fundamentações sólidas e consistentes, tornando-os aptos a aplicarem os conhecimentos aprendidos em aula em qualquer situação, seja no âmbito escolar, social ou profissional.

Segundo Brousseau (1996 *apud* BATANERO, 2001, p. 124-125),

O trabalho intelectual do estudante deve ser em certos momentos comparável ao dos próprios matemáticos. O estudante deve ter a oportunidade de investigar sobre problemas ao seu alcance, formular, provar, construir modelos, linguagens, conceitos, teorias, intercambiar suas ideias com os outros, reconhecer as que são adequadas com a cultura matemática e adotar as ideias que sejam úteis. Pelo contrário, o trabalho do professor é de certa maneira inverso ao trabalho do matemático profissional. Em lugar de “inventar” métodos matemáticos adequados para resolver problemas, deve “inventar” problemas interessantes que conduzem a um certo conhecimento matemático.

Partindo desta citação, vemos que o professor deve propiciar aos estudantes a oportunidade de desenvolverem um trabalho investigativo. Para isso, este deve criar situações interessantes que conduzam os estudantes a este processo e que possibilite o desenvolvimento de seu próprio conhecimento matemático.

Segundo Munari (2010), conforme Jean Piaget, a criança aprende por meio da experimentação ativa e isto se torna muito importante para ela, pois ajuda a buscar esquemas adequados para a solução de problemas. Sendo assim, a experimentação é uma abordagem que se caracteriza no modelo de aprendizagem que temos desde a nossa mais remota infância, época que fazemos diversas experimentações para entendermos como funciona o mundo e criando as nossas verdades baseadas nestas experiências.

Assim, quando trabalhamos com experimentação matemática, buscamos fazer com que o estudante desenvolva a capacidade de resolver problemas observando, analisando e refletindo sobre as informações e objetos que lhe são fornecidos. Considerando isso, partimos para o levantamento de hipóteses sobre as resoluções possíveis para aquele determinado problema.

A experimentação matemática faz com que os assuntos estudados nos livros e apostilas sejam experimentados, inclusive com a possibilidade de manipulação de objetos concretos. Assim, o estudante acaba por perceber a utilidade daquele conhecimento, tornando o estudo relevante e aplicável ao seu cotidiano.

Segundo Trigo e Nunes (2011), a aprendizagem por meio da experimentação favorece o desenvolvimento do pensar e estimula a construção do conhecimento matemático. D'Ambrósio (1996, p. 95) cita que

Para muitos isso soa estranho. Matemática experimental? O caráter experimental da matemática foi removido do ensino e isso pode ser reconhecido como um dos fatores que mais contribuíram para o mau rendimento escolar.

Logo, para o autor, a retirada da experimentação matemática foi um dos fatores que contribuíram para o mau rendimento escolar.

Dessa forma, o princípio fundamental da experimentação matemática é a de motivar o estudante e oportunizar para aquele outro, que não conseguiu entender o conteúdo abstratamente, ter ainda a chance de experimentá-lo, visualizando ou tocando objetos relacionados ao assunto, de modo a facilitar a aprendizagem. O “fazer”, desta forma, torna-se algo importantíssimo no processo educativo.

As pesquisas realizadas pelos autores citados anteriormente nos mostram que a investigação e experimentação matemática possuem mais pontos de convergência do que divergências, pois todos apontam que os estudantes devem ser os protagonistas do processo e o “fazer” é essencial para a assimilação do conteúdo por parte do estudante. Tais procedimentos têm um grande potencial para envolver os estudantes no processo de ensino e de aprendizagem, criando verdadeiro prazer em estudar, o que colabora efetivamente com o desenvolvimento pessoal e cultural, que é importantíssimo para a formação do cidadão. D' Ambrósio (1996) diz que a consciência auxilia a sobrevivência e transcendência do homem. A consciência é a relação dialética entre o saber e fazer, gerando assim, o conhecimento.

Hoje, já não basta a transferência de informações e conhecimentos desconexos da realidade. É necessário saber fazer e com isso, construir o conhecimento por meio da experimentação e das mais diversas linguagens. Cabe ao professor efetivar estes processos em suas aulas, por meio de um currículo e práticas, que integrem o conteúdo à novas práticas pedagógicas e à nova realidade da sociedade.

Desta forma, a integração da investigação e experimentação matemática são, do nosso ponto de vista, essenciais na efetivação desses processos. Ao apresentar um problema passível de investigação e da utilização de experimentos para analisar e comprovar hipóteses, o professor de matemática perfazerá de novas práticas que contribuem para o protagonismo do estudante no seu processo de aprendizagem de um novo conteúdo.

Neste sentido, a próxima seção apresenta nosso produto educacional, uma proposta de ensino de matrizes integrando a investigação e a experimentação matemática, utilizando o Arduino como recurso tecnológico para essa integração.

PROPOSTA PARA O ENSINO DE MATRIZES UTILIZANDO O ARDUINO

Pancieria e Ferreira (2006) citam que abordar situações-problemas nas aulas de Matemática possibilita um conhecimento matemático mais contextualizado, pois o estudante fará parte do levantamento de dados e interpretação do problema. Trabalhando desta maneira, podemos tornar este trabalho mais dinâmico, fazendo com que o estudante trabalhe tais conceitos de forma construtiva e assim, seu aprendizado se torne enriquecedor.

No nosso produto educacional utilizamos um circuito eletrônico específico chamado Arduino para resolver situações-problemas propostas aos estudantes, com soluções possíveis que utilizam conceitos de matrizes. Uma vez que, particularmente, a Proposta Curricular de Matemática do estado de São Paulo (SÃO PAULO, 2011) prevê que o estudo de matrizes ocorra durante o segundo bimestre do segundo ano do Ensino Médio recomendamos esta proposta para os estudantes dessa área de ensino. No entanto, caso haja organização escolar diferente, como ocorre em alguns cursos técnicos integrados ao Ensino Médio e outras propostas curriculares, cujos conceitos de matrizes são introduzidos a partir do primeiro ano, por exemplo, também recomendamos esta atividade.

O Arduino nasceu no *Interaction Design Institute Ivrea* como uma ferramenta de fácil manuseio para estudantes sem nenhum conhecimento em eletrônica ou programação e sua arquitetura é totalmente *open-source* (plataforma livre que permite ao usuário modificá-la sem prévia autorização do fabricante). Isto faz com que esta plataforma de trabalho cresça considerando as contribuições de usuários do mundo inteiro, pois a maioria dos usuários disponibilizam os projetos e programações, servindo de base para um novo projeto de outro usuário.

Existem mais de vinte modelos de placas de Arduino. Neste trabalho é utilizado o Arduino Uno. A linguagem utilizada na programação do Arduino é a linguagem C++. A conexão do Arduino com o computador é feita através da porta USB da própria placa, com a porta USB do computador por meio de um cabo USB.

Assim, é importante, mas não essencial, que o professor, utilizador desta proposta, tenha algum conceito de programação para preparar os experimentos anteriormente à aplicação em sala de aula. Os códigos-fontes para diferentes experimentos também podem ser encontrados livremente na internet, em fóruns sobre o Arduino, e ainda podem ser alterados e adaptados pelo professor na busca da implementação da atividade e condução do experimento na sala de aula.

O Arduino vem sendo utilizado amplamente em diversas ciências e vem se mostrando uma ferramenta motivadora e interessante na aquisição de conhecimento por parte dos estudantes, por alterar a dinâmica da aula, tornando-a mais dinâmica e participativa (MARTINAZZO *et al.*, 2014; LEMOS, 2014; UNTEM; CACHICHI; MATSUMOTO, 2014). Isso nos mostra que o Arduino é um dispositivo eficaz para experimentações em diversas áreas do conhecimento e pode ser utilizado como uma ferramenta de aprendizado de conceitos de matemática, em especial, de matrizes.

É importante mencionar que esta proposta pode ser utilizada por toda a comunidade e qualquer escola, em especial, de nível médio. Outras atividades podem ser construídas ou adaptadas para outros conteúdos de matemática, ou de outras Ciências. No entanto, é importante que a escola disponha do equipamento, a placa de Arduino, e computadores para integração da placa com o computador. Recomendamos também que as atividades ocorram em grupos de estudantes, para que se possibilite as discussões e a interação para diferentes investigações e hipóteses a serem construídas pelos estudantes, algumas vezes, conduzidas também pelo professor.

Salientamos ainda que este produto educacional, considerando esta proposta de ensino, foi aplicado em uma turma do segundo ano do ensino técnico integrado ao Ensino Médio de eletrônica de uma escola federal da cidade de São Paulo: o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de São Paulo – Campus São Paulo (IFSP - Campus São Paulo), cuja regência é de um professor efetivo dessa instituição.

A aplicação da pesquisa foi realizada em dois dias com duração de 90 minutos em cada dia. No total, foram 8 (oito) os estudantes que participaram da pesquisa. No entanto, todos os estudantes da turma participaram ou observaram a atividade (cerca de 20 estudantes em cada dia). Os estudantes participantes da pesquisa assinaram, juntamente com o seu responsável, um Termo de Consentimento Livre e Esclarecido (TCLE), que foi aprovado, juntamente com o projeto, pelo Comitê de Ética em Pesquisa do IFSP sob número de parecer CAAE: 51528715.0.0000.5473. Para a aplicação da pesquisa, seguimos os conceitos de pesquisa-ação de Thiollent (1986), que diz que o próprio pesquisador deve ser o aplicador, e tivemos a participação do professor regente em aula observando o processo.

A escolha do 2º ano do curso Técnico Integrado ao Ensino Médio de Eletrônica do IFSP – Campus São Paulo se deu por algumas particularidades como: ainda são escassas as pesquisas com o ensino técnico integrado ao Ensino Médio, principalmente no que se relaciona ao ensino de conceitos de matrizes; o conteúdo de matrizes é o primeiro a ser abordado no 2º ano do curso Técnico Integrado ao Ensino Médio de Eletrônica do IFSP, sendo que os estudantes já tiveram e estão tendo disciplinas do contexto técnico que, por ventura, podem necessitar desses conceitos; a grade do curso oferece disciplinas que demonstram a necessidade dos

estudantes desenvolverem habilidades de programação e interação com dispositivos eletrônicos, tais como laboratório de eletrônica, linguagem de programação, microprocessadores, entre outras; e atualmente, encontra-se em discussão nesta instituição o plano pedagógico deste curso.

Estas condições favoreceram a aplicação da pesquisa, pois os estudantes já estavam habituados com linguagens de programação e dispositivos eletrônicos. Entretanto, destaca-se que a falta de tais conhecimentos prévios não inviabiliza a aplicação da atividade aberta em outras instituições de Ensino Médio ou ensino técnico integrado ao Ensino Médio, uma vez que os estudantes podem desenvolver habilidades de programação juntamente com a utilização dos dispositivos eletrônicos em sala de aula, na preparação dos mesmos para o experimento ou durante as aulas de matemática anteriores. Uma possibilidade de ação com turmas não habituadas ao uso do Arduino é, durante o ano letivo, o professor introduzir os conceitos iniciais de utilização do Arduino, como programá-lo, como acionar um *led*, movimentar um braço robótico, ou outras aplicações, e assim, ao chegar nesta etapa, os estudantes já estariam familiarizados com o dispositivo.

Durante todas as etapas do processo, sugerimos aos professores utilizadores desta proposta que estimulem os estudantes a fazerem anotações sobre suas dúvidas, hipóteses, experimentações e descobertas em um diário de bordo. Cabendo ao professor a aplicação de uma avaliação posteriormente às anotações e verificação da generalização do conteúdo para outros contextos a partir da apresentação de exercícios ou outros tipos de experimentos com outras tecnologias, como por exemplo, planilhas eletrônicas.

EXPERIMENTOS PARA O ENSINO DE MATRIZES

Nesta proposta de ensino utilizamos dois experimentos. O primeiro trata-se do acionamento de uma matriz de *led's* conectada ao Arduino. A cada *led* conjunto de *led's* acesos, o estudante pode estudar o posicionamento de elementos de uma matriz, identificando posição, diagonais e tipos de matrizes. O segundo trata da movimentação de um braço robótico em sentido horário e anti-horário, utilizando quatro servos motores, indicando a cada nova posição uma nova matriz.

Essa estrutura de funcionamento do Arduino, por intermédio de um *software open-source*, possibilita que o estudante, considerando suas investigações, crie um plano de ação, aplique-o na resolução do problema, faça a análise do resultado obtido e verifique se a situação problema inicial foi resolvida retomando o experimento se necessário. Caso não a tenha resolvido, o estudante pode retornar para qualquer etapa do processo e trilhar um novo caminho a partir do ponto problemático, o que possibilita a criação do seu próprio aprendizado, não estando atrelado a uma só opção para solução do problema. Segundo Moran (2004), quando o estudante faz pontes entre o que aprende intelectualmente e as situações reais, a aprendizagem será mais enriquecedora. Acreditamos que o Arduino é um dispositivo que pode ser entendido como uma dessas pontes.

A próxima subseção apresenta a atividade desta proposta utilizando o Arduino no ensino de conceitos iniciais de matrizes.

CONCEITOS INICIAIS DE MATRIZES

Nesta primeira atividade, que propomos que tenha a duração de duas aulas, apresenta-se ao estudante o Arduino como uma matriz de *led's*, e pede-se que o mesmo experimente-o a partir de alguns comandos, possibilitando um processo investigativo dos conceitos teóricos básicos de matrizes, tais como linha, coluna, diagonal principal, diagonal secundária e seus elementos (estes conceitos foram os escolhidos por serem visualmente possíveis em uma matriz de *led's*), além dos tipos de matrizes.

Para iniciar o processo exploratório de matrizes, o professor pode instigar os estudantes a digitar os seguintes comandos e anotar os resultados para posterior investigação:

- a) Quando o estudante digita no teclado do computador “a11”, acende-se o *led* correspondente na matriz de *led's*.
- b) Quando o estudante digita no teclado do computador “a12”, acende-se o *led* correspondente na matriz de *led's* e assim sucessivamente até posição “a33”.
- c) Quando o estudante digita “Diagonal Principal”, acendem-se os *led's* da diagonal principal (a11, a22, a33).
- d) Quando o estudante digita “Diagonal Secundária”, acendem-se os *led's* da diagonal secundária (a13, a22, a31).
- e) Quando o estudante digita “Reset”, apagam-se todos os *led's* da matriz 3x3.

O professor, nesta primeira atividade, deve atuar como mediador, orientando os estudantes nas buscas destas informações:

- f) O que é uma matriz?
- g) O que são linhas, colunas, diagonais principal e secundária?
- h) Podem existir diferentes tipos de matrizes?
- i) Quais os tipos de matrizes que podem existir?

Ao final desta atividade aberta envolvendo a matriz de *led's* 3x3, o estudante desenvolve a conceituação inicial de linha, coluna, diagonal principal, diagonal secundária e a localização dos elementos dentro de uma matriz. A partir destes conceitos, podemos iniciar a segunda atividade para o ensino de operações básicas com matrizes.

OPERAÇÕES BÁSICAS COM MATRIZES

Na segunda atividade, que propomos que tenha seis aulas de duração, os estudantes movimentam um braço robótico utilizando as operações de adição, subtração, multiplicação de matrizes e multiplicação de uma matriz por um escalar.

A matriz configurada no Arduino para a movimentação do braço robótico é a seguinte:

$$A = \begin{pmatrix} \text{Base do braço} & \text{Altura do braço} \\ \text{Inclinação do braço} & \text{Acionamento da garra} \end{pmatrix}$$

ou seja:

a_{11} – Base do braço;

a_{12} – Altura do braço;

a_{21} – Inclinação do braço;

a_{22} – Acionamento da garra.

Da mesma forma que na atividade anterior, sugerimos que os estudantes recebam o dispositivo já programado cabendo a eles conectá-lo ao computador utilizando a porta USB e começar a fase de experimentação e investigação do dispositivo. A mediação do professor neste momento é pedir que os estudantes digitem as matrizes no Arduino e, após as observações, investiguem o que ocasionou a nova movimentação do braço utilizando de seus conhecimentos prévios de operações com números reais.

Por meio do teclado do computador, os estudantes inserem no Arduino a primeira matriz, por exemplo $A = \begin{pmatrix} 10 & 5 \\ 12 & 20 \end{pmatrix}$. Esta matriz executa um movimento no braço robótico e é armazenada na memória do dispositivo. Ao inserir a segunda matriz, por exemplo $B = \begin{pmatrix} 8 & 21 \\ 13 & 10 \end{pmatrix}$ no Arduino, o braço robótico prosseguiu o movimento de onde estava, pois, a segunda matriz B foi adicionada a primeira A, resultando em uma nova matriz, $C = \begin{pmatrix} 18 & 26 \\ 25 & 30 \end{pmatrix}$.

Neste momento, cabe aos estudantes investigarem qual operação de matrizes que movimenta o braço, ou seja, pode explorar o conceito de adição de matrizes.

Nesta fase, o professor também pode conduzir os estudantes a conceituarem a ideia da multiplicação de uma matriz por um escalar, tendo em vista a adição sucessiva de matrizes idênticas. Assim, nesta etapa da atividade, este conceito já está formalizado e o estudante conclui que uma adição sucessiva de matrizes idênticas é a multiplicação dessa matriz por um escalar, que representa a quantidade de adições efetuadas. Neste caso, o professor pode pedir para que os estudantes insiram no Arduino um escalar e uma matriz, e verifiquem o que ocorre com a movimentação do braço mecânico para validar esta hipótese.

Para a subtração de matrizes, o processo é o mesmo, e o professor pode, a princípio, pedir para os estudantes alterarem o sinal dos elementos da segunda matriz, inicialmente positiva, para verificar o que o movimento final representa enquanto operação de matrizes.

Para a multiplicação de matrizes, os conceitos não são tão visualmente perceptíveis como os anteriores, mas é possível de ser utilizado para uma atividade com o Arduino. Como em todas as atividades, os estudantes recebem o Arduino já programado e iniciam a experimentação inserindo as duas matrizes, por exemplo $A = \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}$ e $B = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 2 & 1 \end{pmatrix}$. O Arduino executa a operação de multiplicação de matrizes, resultando na matriz $C = \begin{pmatrix} 0 & 2 \\ 6 & 4 \end{pmatrix}$, fazendo com que o braço realize a seguinte movimentação:

a_{11} = A base permanece imóvel, permanecendo na posição 0º,

a_{12} = O braço sobe 2º e chega na altura de 2º,

a_{21} = O braço avança 6º para frente e chega na posição 6º,

a_{22} = A garra se abre 4º e chega na posição 4º.

Como esta operação não é tão facilmente dedutível quanto às outras, o professor pode realizar duas diferentes intervenções: pedir para que os estudantes deduzam a operação, instigando para que os mesmos investiguem operações entre linhas e colunas; ou para que eles pesquisem outras operações possíveis entre duas matrizes e realizem experimentos para verificar e demonstrar a operação.

O professor pode também sugerir que os estudantes partam do mesmo princípio da adição de matrizes, multiplicar elemento a elemento e anotar o que ocorre, e a partir daí, verificar que não é o fato ocorrido e assim, partir para novas hipóteses investigativas. Uma outra sugestão é que os estudantes realizem experimentações utilizando multiplicações do tipo $\begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 2 & 0 \\ 1 & 0 \end{pmatrix}$, depois $\begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 3 \end{pmatrix} \cdot \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 0 & 2 \\ 0 & 1 \end{pmatrix}$, $\begin{pmatrix} 2 & 1 \\ 1 & 3 \end{pmatrix}$ e assim sucessivamente até concluir que na multiplicação de matrizes ocorre uma multiplicação de linhas por colunas.

Essas intervenções relacionam-se com os quatro momentos principais da investigação matemática (PONTE; BROCARDI; OLIVEIRA, 2003) uma vez que, tratando de ser uma atividade aberta, tentar deduzir ou pesquisar as operações envolvidas entre os elementos das linhas e colunas das matrizes induz o estudante a reconhecer, explorar e formular questões sobre a situação problema, a elaborar hipóteses, prová-las ou refiná-las por meio da experimentação, e pôr fim a avaliar os resultados obtidos. Ao realizar a pesquisa ou deduzir o conceito de multiplicação de matrizes, por exemplo, os estudantes podem realizar novas inserções de matrizes, analisar a movimentação do braço, coletar os resultados, analisar e verificar se o ocorrido na experimentação condiz com os resultados conceituais realizados por eles, assim criando um ciclo de experimentação, investigação matemática e generalização do conceito aprendido.

APLICAÇÃO DA PROPOSTA DE ENSINO

No primeiro dia, foi apresentado o projeto de pesquisa aos estudantes e aberta a discussão inicial sobre o Arduino. Alguns já conheciam o dispositivo por ter ouvido comentários dos estudantes do 3º ano, que trabalham com este material em outros componentes curriculares, e mostraram-se interessados em participar do projeto. Indicamos que os estudantes pesquisassem alguns fóruns nacionais e internacionais sobre o Arduino, para que buscassem mais conhecimentos e conhecessem como é o compartilhamento de conhecimento em rede. Na sequência, realizamos uma apresentação sobre o Arduino, descrevendo suas funcionalidades e aplicabilidades na área de eletrônica e comandos elétricos, o que gerou grande interesse nos estudantes, pois é tema relacionado à área do curso. Surgiram vários questionamentos a este respeito como, por exemplo, se os estudantes poderiam automatizar sua residência e controlá-la remotamente via internet. Respondemos que sim e mostramos a *Shields* (placas acopladas ao

Arduino que proporcionam maior versatilidade e infinitas aplicações ao dispositivo) que faria essa comunicação via internet. Este interesse mostra que os estudantes, quando visualizam aplicação direta do que está sendo ensinado, podem participar mais ativamente da aula e gerar o aprendizado de novos conceitos. E assim, encerramos o primeiro dia.

No segundo dia, apresentamos aos estudantes a placa do Arduino com a respectiva programação para o controle do painel de *led's*. Os estudantes associaram o painel de *led's* ao formato de uma matriz com linhas e colunas e com a resolução de uma televisão, mostrando que tal procedimento de aula está associando o aprendizado escolar com o cotidiano dos estudantes.

Após essa discussão, iniciamos a experimentação. Ao iniciar a experimentação e verificar que digitando a_{11} o primeiro *led* do painel acendia e digitando a_{12} o próximo *led* a direita do primeiro também acendia, os estudantes perceberam o conceito de posicionamento dos elementos dentro de uma matriz. Esta etapa mostra que os conceitos de matrizes foram aprendidos de forma construtivista pelos estudantes, pois eles conseguiram construir os conceitos de matrizes de forma prática e sem a interferência direta do professor/pesquisador.

A segunda etapa consistia em digitar as palavras DIP, que utilizamos como abreviação para diagonal principal, e DIS para diagonal secundária. Os estudantes perceberam a representação de cada uma das diagonais e descreveram todos os *led's* que acenderam em cada uma de forma correta.

Perguntamos aos estudantes sobre a nomenclatura desta matriz, qual formato ela tinha relacionado à quantidade de linhas e colunas, e prontamente disseram 3x3, pois haviam 3 *led's* em linhas e 3 *led's* em coluna e ao perguntar um nome para ela relacionado ao seu formato, “titubearam” um pouco, até que um estudante disse: “É uma matriz quadrada professor?”. Respondendo afirmativamente, perguntamos a ele como havia chegado a aquele resultado. Todos tomaram coragem e disseram “por causa da forma geométrica e da quantidade de *led's* que eram iguais em todos os lados”.

Após esta etapa, os estudantes realizaram alguns exercícios do livro, observamos as respostas dos estudantes para identificarmos se realmente o aprendizado ocorreu, e todas as questões foram respondidas corretamente sem nenhum erro de conceituação ou de valores.

Os estudantes pediram para visualizar o código-fonte da programação. Eles perceberam que o código-fonte era feito na linguagem C++, uma vez que já conheciam, e prosseguimos a aula com a discussão sobre como este código controlava o painel de *led's*.

Os estudantes sugeriram algumas modificações que melhorariam e simplificaria o funcionamento do painel, tornando o final da terceira aula um debate sobre esse tema.

Prosseguimos a aula com o funcionamento do Arduino no acionamento de quatro servos motores e como estes estavam acoplados a um braço mecânico. Seguindo o roteiro dos estudantes, eles deveriam digitar a primeira matriz A, como por exemplo, $A = \begin{pmatrix} 10 & 15 \\ 22 & 40 \end{pmatrix}$, elemento por elemento, e observar o ocorrido e

depois digitar a segunda matriz B, como por exemplo, $B = \begin{pmatrix} 15 & 13 \\ 18 & 20 \end{pmatrix}$, elemento por elemento, e observar novamente o que ocorria.

Os servos motores movimentaram-se no sentido horário em cada etapa da digitação dos valores da matriz A e paravam, esperando os próximos valores da matriz B, e isso já foi motivo de euforia por parte dos estudantes ao verem o movimento dos servos motores.

Ao digitar os valores da matriz B, os servos motores movimentaram-se novamente de onde tinham parado no sentido horário e chegavam a uma nova posição. Os estudantes perceberam que os valores foram somados e originaram um novo valor. Neste momento surgiu a seguinte dúvida de um estudante: “Professor, e se colocarmos um valor negativo? O que acontece?”.

Todos os questionamentos eram direcionados para a investigação-experimentação. Então pedimos para que digitassem tais valores e observassem o que acontecia.

Ao digitar um valor negativo, o braço se movimentava no sentido anti-horário, ou seja, ele seguia a regra de sinais aprendida nos números inteiros. Surgiu um questionamento em relação aos servos motores e como eles operavam junto com o Arduino. Explicamos que os servos motores se movimentavam dentro de um ângulo entre 0° e 180° e que havia essa limitação. Com essa explicação, surgiu outra dúvida de um outro estudante: “Professor, e se o valor passar de 180° ou for menor do que 0° ? O que acontece?”. Pedimos para que os estudantes fizessem a investigação e descobrissem por si só o que ocorreria. Testaram novamente o braço e perceberam que se o valor fosse superior a 180° ou inferior a 0° eles paravam nestes limitadores.

Chegado o momento da apresentação do código de programação, mostramos uma linha de comando inclusa para que se caso o valor fosse superior a 180° , haveria uma limitação para que não forçasse o motor e assim evitasse a queima dele.

Mostramos e explicamos outras linhas de comando, como a soma de matrizes, e como os servos motores eram acionados dentro da linguagem de programação. No final, debatemos com os estudantes como poderíamos simplificar os comandos e eles, inclusive, forneceram algumas dicas de como implementar o programa, ensinando o pesquisador também um pouco mais sobre linguagem C++. Assim, finalizamos a quarta e última aula com este debate.

Ponderando sobre a aplicação dessas duas atividades, percebemos que o Arduino é um recurso tecnológico que favorece o aprendizado dos estudantes e os motiva a participarem das aulas com mais entusiasmo e dedicação, pois todos queriam de alguma forma dar ideias e sugestões de aplicações de matrizes e de novos projetos com o Arduino.

Os estudantes ainda sugeriram que fossem organizadas oficinas com o Arduino e assim aprendessem mais sobre esta tecnologia, mostrando que o aprendizado foi estimulante para eles. Encaminhamos estas sugestões para a diretoria do instituto que prontamente mostrou interesse em promover estes eventos com o Arduino, informando ainda que o campus sediou o Genuíno Day no primeiro semestre de 2016.

Ao final dos dois dias de aplicação de nossa proposta de ensino, os 8 (oito) estudantes que aceitaram participar da pesquisa e que realizaram as atividades juntamente com os demais, participaram de uma entrevista semiestruturada. A seguir, apresentamos algumas falas e pontos importantes a descrever¹.

Quando o estudante A1 foi questionado sobre quais conceitos foram aprendidos nesta experimentação, prontamente ele respondeu: “Aprendi os conceitos de matrizes, tais como linhas, colunas, diagonais, elementos, diagonal principal, secundária, adição de matrizes, e como funciona o Arduino.”, demonstrando que o experimento atingiu seus objetivos iniciais com este estudante.

Entrevistando o estudante A3, perguntamos se ele associava este experimento com outras disciplinas e ele respondeu que sim, citando: “Eletrônica Digital, Microprocessadores, Laboratório de Eletrônica”. Isto mostra que o estudante percebeu uma conexão entre o conteúdo aprendido e outros componentes curriculares do curso além da Matemática.

O estudante A4 foi questionado como ele percebeu a posição de cada elemento dentro da matriz e ele respondeu: “Percebi logo na segunda digitação, quando acendeu o *led* da linha 2 e coluna 2, pois o primeiro algarismo corresponde a linha e o segundo algarismo corresponde a coluna”. Por meio desta fala, percebemos que o estudante construiu o conhecimento de posição de valores dentro de uma matriz e consegue identificá-los.

O estudante A8 fez uma fala interessante, pois em um dado momento da entrevista, quando perguntamos o que ele mais havia gostado da experiência ele disse: “Gostei muito da forma lúdica de aprendizado, tornou o aprendizado mais prazeroso”. Esta fala é interessante sob o aspecto do estudante já compreender o que é lúdico e demonstrando que a experiência foi positiva para este.

Outro estudante, A5, foi questionado se existia algum equipamento que fizesse uso deste conceito de matriz e respondeu: “Sim. A máquina de café. É como se cada produto estivesse em uma matriz e digitássemos a sua posição para escolhermos o produto”. O A6 lembrou-se dos letreiros do Metrô e dos painéis da Paulista: “Aqueles letreiros do Metrô e os painéis da Paulista são vários *led's* em linhas e colunas e eles se acendem para formar as letras e as imagens”.

Podemos observar nas falas dos dois estudantes A5 e A6 que ambos conseguiram associar o aprendizado em sala de aula com o seu cotidiano.

O estudante A1 foi questionado sobre a movimentação do braço mecânico e este citou: “Percebi que os valores digitados na matriz A geravam os movimentos dos servos motores e ficavam armazenados na memória do Arduino e quando eram digitados os valores da matriz B, estes eram somados a matriz A e geravam o novo movimento a partir de onde haviam parado. Isso mostra que os valores eram somados”.

Questionamos este mesmo estudante sobre a aplicabilidade desta conceituação e ele citou: “Já vi braço mecânico funcionando em vídeos da internet relacionados à automação industrial, tipo montagem de carro”. Esta fala do estudante mostra que ele compreendeu os conceitos de adição de matrizes e ainda as associou com a realidade.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Tornar o ensino de Matemática dinâmico, investigativo, eficiente e prazeroso é a base da investigação e da experimentação matemática. Por intermédio de suas aplicações, o estudante será capaz de aprender matemática de uma forma em que ele levante hipóteses, pesquise, reflita, interaja com outras pessoas, troque informações e assim seja capaz de construir conhecimento matemático.

Trabalhar com novas tecnologias dentro da escola tornou-se algo inevitável e o professor precisa de recursos tecnológicos e didáticos para oferecer uma formação também tecnológica aos estudantes. Dentro da disciplina de Matemática, mais especificamente em Matrizes, vimos que há pesquisas, como o de Chereguini (2013) que já apontam a utilização de novas tecnologias como meio metodológico para o ensino de matrizes e que efetivamente apresentaram rendimento satisfatório e motivador para os estudantes.

Nosso produto educacional, que engloba uma proposta de ensino, apresenta atividades abertas onde acreditamos que os estudantes, a partir dos experimentos, antes preparados pelo professor, podem formular hipóteses, considerando os quatro momentos principais da investigação matemática e validá-las a partir da observação desses experimentos e discussões que ocorrerão entre colegas e com o professor. O professor deve propiciar aos estudantes o protagonismo no processo, mediando as discussões e debates e orientando as atividades, não sendo o detentor do conhecimento, mas sim aquele que colabora com a construção do conhecimento de seus estudantes.

Esta atividade envolvendo conceitos de matrizes também serve para o professor mostrar aos estudantes que os ensinamentos transmitidos dentro do ambiente escolar estão associados ao cotidiano e servem como modelos para as nossas atividades profissionais e sociais, tornando-os cidadãos participativos e críticos. Ao realizarem tais atividades, os estudantes têm a oportunidade de exporem suas dúvidas, hipóteses, conjecturas, realizarem investigações e experimentações sobre os assuntos debatidos em aula e assim chegarem a uma conclusão ou resolução do problema, tal qual como em qualquer situação-problema que nos deparamos em nossas vidas, seja no âmbito familiar, social ou profissional, favorecendo o aprendizado como um todo.

Mas o nosso trabalho não se limita neste produto. Pretendemos, com esta proposta de ensino, que os estudantes não se limitem apenas a realizarem os experimentos propostos por nós ou por seu professor, mas que estes “abram” novas perspectivas. Por exemplo, a partir da participação destes estudantes em fóruns de discussões, nacionais e internacionais, com relação ao Arduino, nesta troca de informações com especialistas do mundo inteiro, eles poderão “alçar voos mais altos” na busca do seu crescimento intelectual, educacional, cultural, profissional entre outros.

Ao ver os inúmeros caminhos que poderá seguir, os estudantes devem ser orientados pelo professor para não perderem o foco, mas ao mesmo tempo serem incentivados em suas investigações e experimentações. O Arduino oferece inúmeras possibilidades e isso é muito importante para os estudantes perceberem que o que é aprendido em aula “abre” inúmeras possibilidades e que eles precisam transportar estes conhecimentos para fora das paredes da escola.

Consideramos que, dessa forma, segundo Freire (1996), os estudantes se tornam cidadãos críticos e reflexivos, cientes do seu papel na sociedade. Estes serão capazes de criarem novos projetos e compartilhá-los com os demais desenvolvedores e pesquisadores do Arduino, fazendo parte de um grupo que visa ampliar a inteligência coletiva, levando o conhecimento a todos de forma compartilhada.

Por isso, acreditamos que esta proposta de ensino com o uso do Arduino, da investigação e experimentação matemática abre um novo mundo para que os estudantes e o professor criem inúmeras possibilidades de aprendizagem coletiva e compartilhada dentro desta sociedade tecnológica que a cada dia exige mais dos seus cidadãos digitais.

Proposal for teaching matrices through an Arduino electronic circuit

ABSTRACT

We live in an age when several studies are demonstrating that the teaching of mathematics must be done creatively, involving the use of different technologies and making the student the protagonist of the teaching and learning process. This article presents an educational product described as a proposal for teaching matrix concepts with two different activities using an electronic circuit: the Arduino. This proposal was developed to be used with high school students, in the classroom and in an electronics or computer lab. The students of the second year of a professional course integrated with high school in the city of São Paulo participated in the activities of the academic year of 2016. For the research development, we used the qualitative research methodology, being bibliographic research, action research and the application of a semi-structured interview with the participants as methods. As a teaching methodology, we use research and mathematical experimentation in our proposal. The results indicate, mainly, that students consider the class with the Arduino resource more motivating, dynamic and participative, promoting interdisciplinarity with other contents and the association of school learning with everyday life, arousing curiosity and investigative sense in addition to other considerations. The main advantage of our teaching proposal is that it allows students to interact directly with an experiment during math classes.

KEYWORDS: Teaching of Mathematics. Arduino. Matrices. High School.

NOTAS

1 Como o objetivo deste artigo é apresentar nosso produto educacional, uma análise mais densa dos resultados obtidos com a aplicação desta proposta e a entrevista realizada com os estudantes participantes da pesquisa pode ser consultada na dissertação que deu origem a este produto.

REFERÊNCIAS

ANDERY, Maria Amélia Pie Abib *et al.* **Para compreender a ciência: uma perspectiva histórica**. Rio de Janeiro: Espaço e Tempo; São Paulo: Educ, 1996. ISBN: 85-283-0097-8.

BATANERO, Carmen. **Didáctica de la Estadística**. Granada: Universidad de Granada, Espanha, 2001. ISBN: 84-699-4295-6.

BRASIL, Secretária de Educação Fundamental. **Parâmetros Curriculares Nacionais: introdução**. 3ª ed. Brasília. MEC, vol. 1, 1997. Disponível em: <http://portal.mec.gov.br/seb/arquivos/pdf/livro01.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2019.

BRAUMANN, Carlos Alberto. Divagações sobre investigação matemática e o seu papel na aprendizagem da matemática. *In*: J. P. Ponte, C. Costa, A. I. Rosendo, E. Maia, N. Figueiredo, A. F. Dionísio (Eds.), **Atividades de investigação na aprendizagem da matemática e na formação de professores**. p. 5-24. Lisboa: SEM-SPE, 2002. Disponível em: <http://spiem.pt/publicacoes/arquivo/encontro-2002/>. Acesso em: 28 mar. 2019.

CHEREGUINI, Ana Lúcia Costa. **Exploração dos Conceitos de Multiplicação de Matrizes através de Tecnologias Digitais: Sites e Softwares Educativos**. 2013. 53 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional), UFSCAR, São Carlos, 2013. Disponível em: <https://repositorio.ufscar.br/handle/ufscar/5945>. Acesso em: 28 mar. 2019.

COSTA, Ademir Brandão; LOPES, Thiago Beirigo. Uma Proposta de Modelagem Matemática no Ensino-Aprendizagem de Matrizes. **Professor de Matemática Online**, v. 3, n. 1, p. 1-9, 2015. Disponível em: <http://pmo.sbm.org.br/wp-content/uploads/sites/16/2016/02/pmo-sbm-v003-n001-costa-e-lobes.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2019.

D'AMBRÓSIO, Ubiratan. **Educação Matemática: da teoria à prática**. Campinas: Papyrus Editora, 1996. ISBN: 978-85-308-0410-7.

FILHO, Aliprecídio José de Siqueira. **Aplicações e Resoluções de Problemas como Metodologia para o Ensino de Matrizes, Sistemas Lineares e Determinantes**. 2013. 66 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional), UFPI, São Carlos, 2013. Disponível em: https://sca.proformat-sbm.org.br/tcc_get.php?cpf=67923267391&d=20190328231830&h=5ba8e1017234ba7e8af759024cab38571e17205f. Acesso em: 28 mar. 2019.

FIORENTINI, Dario; LORENZATO, Sergio. **Investigação em Educação Matemática: percursos teóricos e metodológicos**. Campinas: Autores Associados, 2007. ISBN: 9788574961477.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia: saberes necessários à prática educativa**. São Paulo: Editora Paz e Terra, 1996. ISBN 85-219-0243-3.

GIL, Antonio Carlos. **Como Elaborar Projeto de Pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002. 175p. ISBN: 85-224-3169-8.

LEMONS, Hailton David. Aplicação da Computação Ubíqua na Educação a Distância para Elucidação da Fotossíntese no Ensino de Biologia. *In: II ESCOLA REGIONAL DE INFORMÁTICA DE GOIÁS*, 2014, Goiânia. **Anais [...]** Goiânia: UFG, 2014. p. 11-25. ISSN: 2359-0386. Disponível em: <http://erigo.sbc.org.br/up/4/o/anais-ii-erigo-2014.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2019.

MARTINAZZO, Clodomir Antonio; TRENTIN, Débora Suelen; FERRARI, Douglas; PIAIA, Matheus Matias. Arduino: Uma tecnologia no Ensino de Física. **Perspectiva**, v. 38, n. 143, p. 21-30, set., 2014. Disponível em: http://www.uricer.edu.br/site/pdfs/perspectiva/143_430.pdf. Acesso em: 28 mar. 2019.

MERCADO, Luís Paulo Leopoldo. **Formação continuada de professores e novas tecnologias**. Maceió: PPGE/CEDU: EDUFAL, 1999. ISBN 85-7177-049-2.

MORAN, José Manuel. Os novos espaços de atuação do professor com as tecnologias. **Revista Diálogo Educacional**, v. 4, n.12, p.13-21, maio/ago., 2004. ISSN: 1518-3483. Disponível em: http://www.pucrs.br/ciencias/viali/tic_literatura/artigos/tic_professores/189117821002.pdf. Acesso em: 28 mar. 2019.

MUNARI, Alberto. **Jean Piaget / Alberto Munari**; tradução e organização: Daniele Saheb (Coleção Educadores). Recife: Fundação Joaquim Nabuco, Editora Massangana, 2010. ISBN: 978-85-7019-546-3.

NEVES, J. L. Pesquisa Qualitativa: características, usos e possibilidades. **Caderno de Pesquisas em Administração**, São Paulo, v. 1, n. 3, p. 1-5, 1996. Disponível em: http://www.hugoribeiro.com.br/biblioteca-digital/NEVES-Pesquisa_Qualitativa.pdf. Acesso em: 28 mar. 2019.

PANCIERA, Letícia Menezes; FERREIRA, Márcio Violante. A Modelagem Matemática no Ensino de Matrizes e Sistemas Lineares. *In: 12a Jornada Nacional de Educação e 2o Congresso Internacional em Educação: Educação e Sociedade: Perspectivas Educacionais do século XXI*. 2006, Santa Maria. **Anais [...]** Santa Maria: UNIFRA, 2014. Disponível em: <http://www.mtm.ufsc.br/~daniel/7105/A%20MODELAGEM%20MATEM%C3%81TICA%20NO%20ENSINO%20DE%20MATRIZES.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2019.

PONTE, João Pedro; BROCARD, Joana; OLIVEIRA, Hélia. **Investigações Matemáticas na sala de aula**. Belo Horizonte: Autêntica, 2003. ISBN: 85-7526-103-7.

SANCHES, Maria Helena Figueiredo. **Efeitos de uma estratégia diferenciada do ensino dos conceitos de matrizes**. 2002. Dissertação (Mestrado em Educação), UNICAMP, Campinas, 2002. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/handle/REPOSIP/253429>. Acesso em: 28 mar. 2019.

SÃO PAULO (Estado) Secretaria da Educação. **Currículo do Estado de São Paulo: Matemática e suas tecnologias / Secretaria da Educação; coordenação geral, Maria Inês Fini; coordenação de área, Nilson José Machado**. 1. ed. atual. São Paulo: SE, 2011. Disponível em: <http://www.educacao.sp.gov.br/a2sitebox/arquivos/documentos/238.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2019.

TRIGO, Carmen Esperança Cesar; NUNES, Wallace Wallory. **Experimentos Didáticos no Ensino de Matemática: Orientações Pedagógicas**. Rio de Janeiro: IFRJ, 2011.

UNTEM, Marcelo S. G; CACHICHI, Ricardo C. Cachichi e MATSUMOTO, Marcio Y. Aquisição e Transmissão de Dados Experimentais Através do Microcontrolador Arduino. *In: 37ª reunião Anual da Sociedade Brasileira de Química, 2014, Natal. Anais[...]* Natal, 2014. Disponível em: <http://www.s bq.org.br/37ra/cdrom/resumos/T2464-1.pdf>. Acesso em: 28 mar. 2019.

VALENTE, José Armando. Informática na educação no Brasil: Análise e contextualização histórica. *In: VALENTE, J. A. (org.). O computador na sociedade do conhecimento*. Campinas: Unicamp/NIED, 1999. Disponível em: <https://www.nied.unicamp.br/biblioteca/o-computador-na-sociedade-do-conhecimento>. Acesso em: 28 mar. 2019.

Recebido: 28 mar. 2019

Aprovado: 08 out. 2019

DOI: 10.3895/actio.v5n1.9917

Como citar:

SILVA, F. A. de A.; BARONI, M. P. M. A. Proposta para o ensino de matrizes através do circuito eletrônico Arduino. **ACTIO**, Curitiba, v. 5, n. 1, p. 1-20, jan./abr. 2020. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/actio>. Acesso em: XXX

Correspondência:

Mariana Pelissari Monteiro Aguiar Baroni
Rua Pedro Vicente, n. 625, Canindé, São Paulo, São Paulo, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

