

DESENVOLVIMENTO DE *HARDWARE* PARA ENSINO DE MATEMÁTICA APLICANDO PROCESSO DE GAMIFICAÇÃO

Rogério Frasca Prudente – rogerio.frasca@gmail.com

Prof. Dr. Bruno Luis Soares de Lima (Orientador) – bruno.lima@mackenzie.br

RESUMO

Este trabalho descreve o desenvolvimento de um jogo de matemática com a plataforma Arduino para aplicação em um ambiente de ensino. Esta abordagem de utilização da prototipagem eletrônica tem como objetivo servir como um instrumento alternativo de ensino e aprendizado para os alunos, assim como uma forma de facilitar a instrução pelos professores. A metodologia utilizada consiste em um estudo com pesquisas, artigos e revistas eletrônicas que demonstram a utilidade da gamificação e do Arduino no ambiente das salas de aula. O desenvolvimento do jogo com matemática se deu através da programação no aplicativo Arduino *Integrated Development Environment* e do uso de uma placa Arduino, assim como componentes eletrônicos adicionais como diodos emissores de luz e um *display* de cristal líquido, contidos numa caixa confeccionada através da impressão tridimensional. Em seguida, um questionário foi criado para ser respondido por alunos do ensino fundamental e docentes, após fazerem uso do jogo. Por fim, são indicadas melhorias e sugestões para trabalhos futuros semelhantes.

Palavras-chave: Arduino. Ensino. Ludificação. Gamificação. Matemática.

HARDWARE DEVELOPMENT FOR MATH TEACHING APPLYING GAMIFICATION PROCESS

ABSTRACT

This paper details the development of a math game using the Arduino platform for application in a teaching environment. This approach to using electronic prototyping aims to provide an alternative learning tool for students as well as a way to facilitate instruction by teachers. The methodology consists of research of articles and electronic magazines that demonstrate the usefulness of gamification and Arduino in the classroom environment. The development of the game took place through the programming in the Arduino *Integrated Development Environment* application and the use of an Arduino board, as well as supplementary electronic components such as light-emitting diodes and a liquid crystal display, contained in a box built through three-dimensional printing. A questionnaire was then created to be answered by elementary students and educators after making use of the game. Lastly, improvements and suggestions for similar future works are indicated.

Keywords: Arduino. Education. Gamification. Mathematics.

1 INTRODUÇÃO

Atualmente, há uma crescente utilização da eletrônica na sociedade, seja no mercado, na indústria, na medicina, entre muitas outras, e uso de *hardware* para propósitos didáticos, como o Arduino, aumentou pelo mundo, como mostrado na extensa pesquisa de Heradio *et al.* (2018). A gama de possibilidades de sua aplicação é cada vez mais abrangente. Uma das áreas onde a prototipagem eletrônica se mostrou como uma ferramenta promissora é a educação, onde é utilizada para a compreensão de disciplinas e conteúdos curriculares, e facilitam o desenvolvimento de projetos principiantes de computação, robótica e automação. A utilização de tecnologia como método suplementar didático ainda é uma área em expansão, e por este motivo apresenta um número limitado de publicações acadêmicas disponíveis no país, como demonstrado no trabalho de Bezerra Neto *et al.* (2015), que analisa a robótica na educação.

A ideia inicial para este projeto veio da possibilidade de produzir um protótipo que fosse aplicável no ensino, através da gamificação – a prática de associar técnicas e recursos de jogos e aplicá-las em outros contextos. A inspiração deste trabalho veio do jogo Genius (conhecido no exterior como Simon), que foi popular na década de 1980, e cultivava a memória do usuário ao pedir pela repetição de sequências cada vez mais complexas de sons e luzes. O conceito neste caso é um jogo infantil que também possui luzes e sons e produz níveis de dificuldade gradativamente mais difíceis de serem resolvidos, mas ao invés de treinar a capacidade de memorização, ele exercita a capacidade de resolver matemática.

Figura 1 – Jogo Genius



Fonte: Brinquedos Estrela (2019).

Este jogo utiliza uma plataforma simples de prototipagem e programação, e usa o conceito de gamificação para criar uma possível alternativa de aprendizado para os alunos.

No cenário atual da tecnologia, a prototipagem eletrônica é aplicada a cada vez mais campos da educação. Segundo Santos (2018), a tecnologia de jogos eletrônicos abrange tópicos como tomada de decisões, processamento de informações e criação de estratégias para resolver problemas, assim como estímulos visuais e sonoros, o que colabora para a aprendizagem perceptiva

e motivacional; esta motivação estimulada, assim como o tipo de raciocínio necessário para estes jogos, são causas que auxiliam as crianças neste tipo de atividade.

Uma das maneiras para expandir a área de operação destes protótipos é aplicá-los em projetos de ensino mais básicos e introdutórios, em disciplinas mais abrangentes como física e matemática. Através da gamificação, um jogo de matemática pode servir como alternativa viável de instrução para crianças, motivando seu interesse pela matéria. Desta forma, o trabalho verificará se é possível criar um jogo de matemática que também sirva como ferramenta de ensino, utilizando a plataforma Arduino (Arduino LLC, Somerville, Massachusetts, EUA), organizando seus componentes e compondo questionários, para os alunos poderem avaliar as características do jogo, e os professores possam dar sugestões de como melhorá-lo.

Repensar os métodos convencionais de resolução de problemas pode auxiliar sua capacidade de deduzir soluções, concluir respostas e entender conceitos, como demonstra a avaliação de Santos e Menezes (2005). O desenvolvimento destes conhecimentos variados instiga os alunos a procurarem novas aprendizagens nestas áreas conforme seu interesse.

São exibidos no trabalho de Benitti *et al.* (2009) resultados do uso da tecnologia na didática, no ambiente do ensino médio brasileiro, através de um experimento didático onde os alunos empregaram kits Lego *Mindstorms* (Lego Group®, Billund, Dinamarca) para a solução de exercícios abrangendo matemática, geografia e programação, utilizando o *software* Robomind. Antes e após a realização do experimento foram aplicados testes para identificar se a realização do mesmo ajudou os alunos a entenderem os conceitos envolvidos, onde foi apresentada uma melhora nos acertos do pós-teste.

Mais um trabalho realizado com alunos de ensino médio é apresentado por Carvalho, Barone e Teles (2013) no projeto ROBOCETi, aplicado em diversos institutos federais do país, com o objetivo de utilizar a robótica educativa como mecanismo de capacitação docente e motivação para os alunos prosseguirem em carreiras de engenharia e tecnologia. Foram utilizados kits robóticos *Boe-Bot* (Parallax Inc., Rocklin, California, EUA) para a realização do experimento. Eles consistem de um microcontrolador, numa placa de circuito impresso, com servomotores para controlar rodas de um robô móvel. Neste experimento, os participantes montaram, programaram e testaram os robôs para tarefas como detecção de obstáculos, reconfiguração de trajetória e funções como derrubar objetos, durante a carga horário de dezesseis horas do curso. Após a realização das tarefas, foi aplicado um questionário como instrumento de pesquisa, onde foram indicados como alguns dos pontos positivos do projeto sua fácil compreensão e aulas dinâmicas, e como pontos negativos o número limitado de participantes e treinamento com pouca carga horária.

Segundo Tonéis (2017), o Brasil ainda não possui investimento nos jogos eletrônicos na área de educação, porém a produção de um jogo ou atividade ludificada envolve um grupo de profissionais e, por tal motivo, requer um custo para realizar-se.

De acordo com Souza (2017), a gamificação possibilita a criação de dinâmicas de grupos, ao aplicar um novo conceito na educação, com tecnologias de jogos digitais abrangendo desafios na execução das atividades escolares, e tornando a prática do ensino mais lúdica.

Portanto, este projeto serve também como incentivo para os alunos estudarem matemática através do meio tecnológico, mediante o jogo desenvolvido.

O objetivo deste trabalho é desenvolver um jogo que sirva como um instrumento de ensino de matemática, o qual, por meio de sua natureza lúdica, motive os alunos a aprender, através da organização de seu *hardware* e *software* e emprego da plataforma de prototipagem Arduino.

Os objetivos específicos deste trabalho são:

- a) elaborar um jogo com matemática por meio do uso do Arduino;
- b) desenvolver uma ferramenta de ensino utilizando este *hardware*;
- c) produzir o conjunto para aplicação numa oficina de matemática voltada a crianças de 8 a 10 anos de idade;
- d) criar questionários para validar esta aplicação, para serem respondidos por alunos e por professores.

2 MATERIAIS E MÉTODOS

Nesta seção são abordadas as ferramentas e metodologias utilizadas no desenvolvimento do protótipo proposto e suas principais características.

O primeiro passo para a elaboração do jogo de matemática foi a pesquisa bibliográfica, desenvolvida a partir da literatura sobre Arduino e robótica educacional, disponível em artigos, revistas eletrônicas, dissertações e teses.

A próxima etapa foi a definição de ferramentas e materiais necessários para o projeto. Entre as diversas placas diferentes disponíveis no mercado, optou-se pelo uso da plataforma *open source* Arduino para o projeto, pela sua flexibilidade, facilidade de uso e acessibilidade. Entre os modelos disponíveis, foi escolhida a placa UNO, já que é a versão mais simples e de baixo custo entre os outros modelos, porém suficiente para os objetivos propostos neste trabalho.

O Arduino requer uma fonte de alimentação de 6V a 20V para manutenção de sua tensão de funcionamento de 5V, de acordo com o site oficial do Arduino (2019), e essa fonte pode ser externa ou via conexão *Universal Serial Bus* (USB). Sua programação pode ser feita no *software* Arduino IDE, disponível na própria página oficial do Arduino, e é desenvolvida via códigos em C e C++.

Figura 2 – Arduino UNO

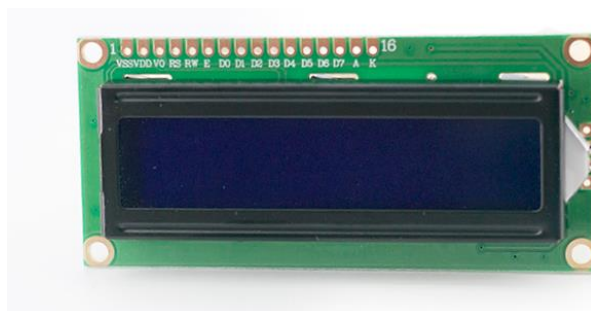


Fonte: Site oficial do Arduino (2019).

Para a escolha do componente eletrônico onde são mostradas as perguntas e as respostas inseridas pelo usuário, foi selecionado um *display* LCD com espaço para dezesseis algarismos e duas linhas. A interface dele com o Arduino é feita por meio de uma biblioteca padrão já incluída no *software* IDE, e sua fonte de alimentação é providenciada através da tensão fornecida pelo Arduino.

Foi utilizado um potenciômetro linear para ajustar o contraste do *display* e aprimorar a facilidade de sua leitura. As conexões foram feitas através de uma placa *protoboard* comum, de 830 pontos. Para indicar o acerto ou erro do usuário quando insere as respostas das contas que aparecem, foi usado um *buzzer* (que ativa com tempo e frequência determinados durante a programação) para criação dos sons, e LEDs verde e vermelho (que acendem nas respostas corretas e incorretas, respectivamente) para indicação visual.

Figura 3 – *Display* LCD 16x2



Fonte: Thomsen (2011).

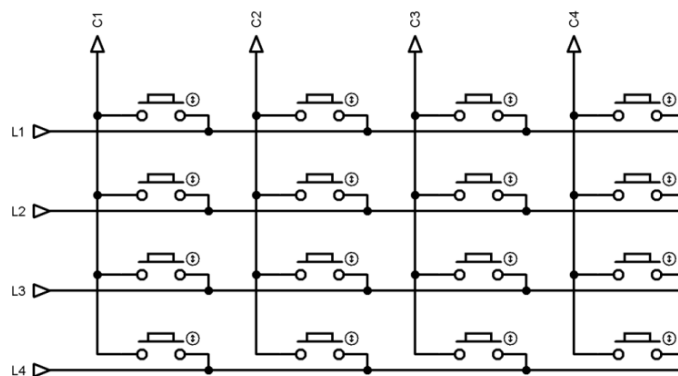
A inserção de dados pelo usuário foi implementada através de um teclado matricial de membrana com dezesseis teclas.

Figura 4 – Teclado matricial de membrana 4x4



Fonte: Oliveira (2018).

Figura 5 – Esquema de ligações do teclado



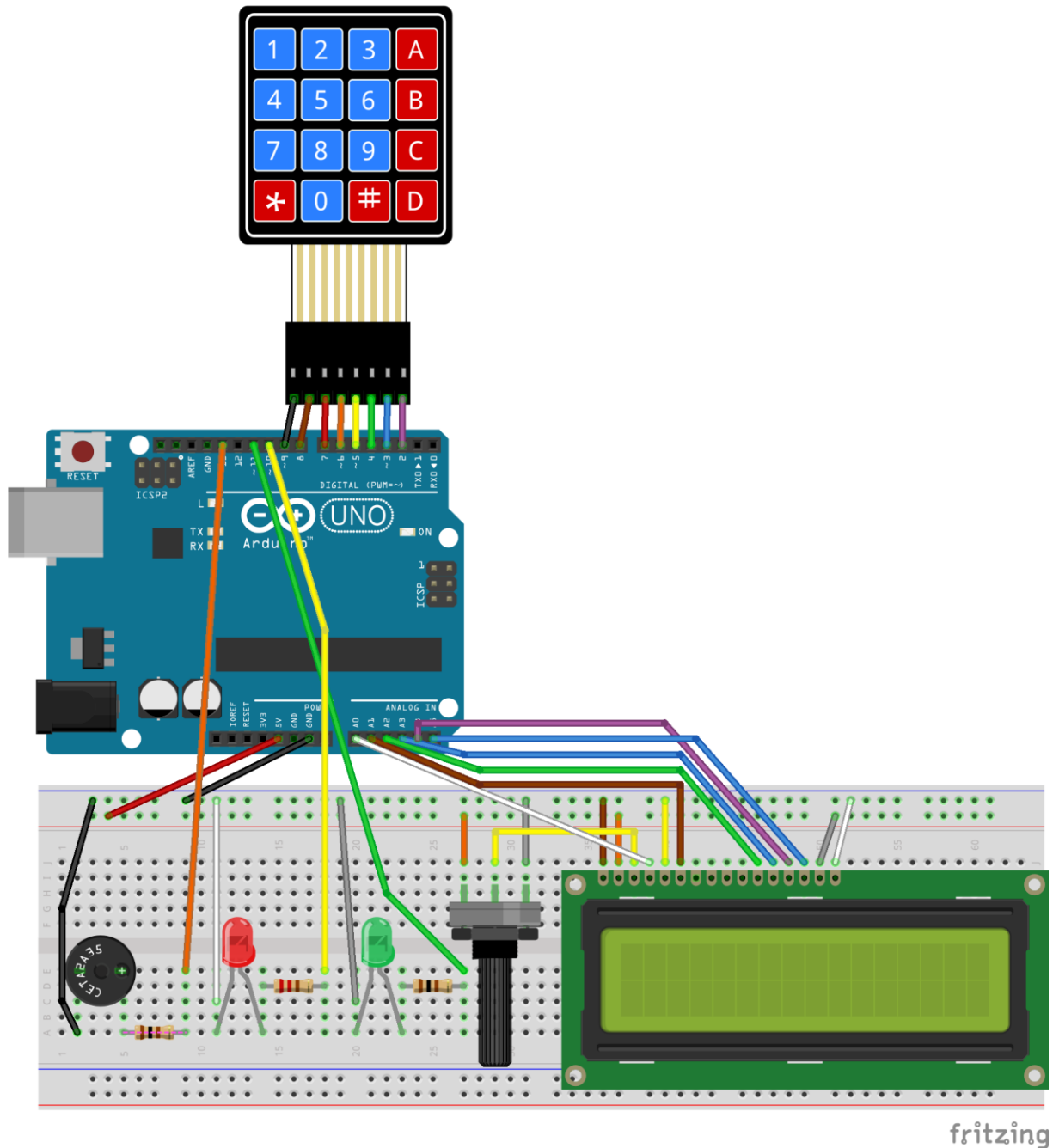
Fonte: Picoreti (2017).

O inventário completo de componentes eletrônicos utilizados é listado a seguir:

- Arduino UNO
- *Display* LCD 16x2
- *Protoboard* com 830 pontos
- LEDs de 5mm verde e vermelho
- Trinta cabos *jumpers* macho-macho
- Dois resistores externos de 100Ω e um de 220Ω
- *Buzzer* de 5V com 12 mm
- Fonte chaveada de 9V e 1A
- Potenciômetro linear de $10k\Omega$
- Teclado matricial de membrana com 16 teclas

As conexões entre estes componentes são representadas na figura a seguir:

Figura 6 – Esquema ilustrativo do circuito.



Fonte: Elaboração própria através do programa Fritzing (2019).

O jogo de matemática desenvolvido possui dez níveis de dificuldade crescente; conforme o usuário acerta as primeiras contas, as seguintes são de progressiva complexidade. Isso é realizado através da função *random* do Arduino IDE, que gera dois valores aleatórios dentro de um intervalo, delimitado pelo programador. No trabalho, este intervalo variável foi estipulado através das fórmulas:

$$6i - 4 \quad (1)$$

$$6i + 4 \quad (2)$$

em que:

i = número do *loop* na programação e nível de dificuldade que é mostrado no visor LCD.

Desta forma, os níveis de dificuldade possuem sempre operações com números distintos dos outros níveis, que são indicados conforme a tabela a seguir:

Tabela 1 – Valores numéricos possíveis conforme dificuldade

Nível de dificuldade	Valor mínimo	Valor máximo
1	2	7
2	8	13
3	14	19
4	20	25
5	26	31
6	32	37
7	38	43
8	44	49
9	50	55
10	56	61

Fonte: Elaboração própria (2019).

Os dígitos teclados pelo usuário aparecem no *display* pelo uso da função *getKey*, que informa esse valor quando usada em conjunto com os comandos da biblioteca integrada *LiquidCrystal*. Quando a resposta teclada coincide com o resultado calculado entre os dois números, surge uma mensagem congratulatória no visor, enquanto o *buzzer* toca um breve efeito sonoro de acerto e o LED verde se acende, e o usuário pode avançar ao próximo nível de dificuldade pressionando a mesma tecla que utilizou para confirmar o resultado, “#”. Caso a resposta teclada não coincida com o resultado correto, *buzzer* toca um breve efeito sonoro de resposta incorreta e o LED vermelho se acende, enquanto o *display* informa o erro e exibe a resposta correta ao lado. Neste último caso, o usuário pode também pressionar a tecla “#” para continuar, e uma nova combinação numérica do mesmo nível de dificuldade se mostrará, dando assim outra chance de se avançar aquele nível.

Após acertar as respostas dos dez níveis de dificuldade, uma mensagem de parabéns aparece no *display*, enquanto o *buzzer* toca um efeito sonoro de acerto um pouco mais longo do que o regular e o LED verde se acende. Passados alguns segundos, surge no visor uma mensagem indicando ao usuário que se pode pressionar “#” para reiniciar todo o processo.

As instruções sobre pressionar a tecla “#” para confirmar as respostas e continuar aparecem quando o Arduino é ligado, por um total de onze segundos. Após cada acerto ou erro, o *buzzer* e o respectivo LED ativam-se por três segundos.

A ordenação do *display* e potenciômetro no circuito segue o método apresentado por Thomsen (2011). Já o trecho do código referente ao teclado matricial observa o exemplar mostrado por Picoreti (2017). A biblioteca *Keypad* adicionada ao Arduino IDE foi desenvolvida por Stanley e Brevig (2015), e a biblioteca *LcdBarGraph*, produzida por Kelemen (2015).

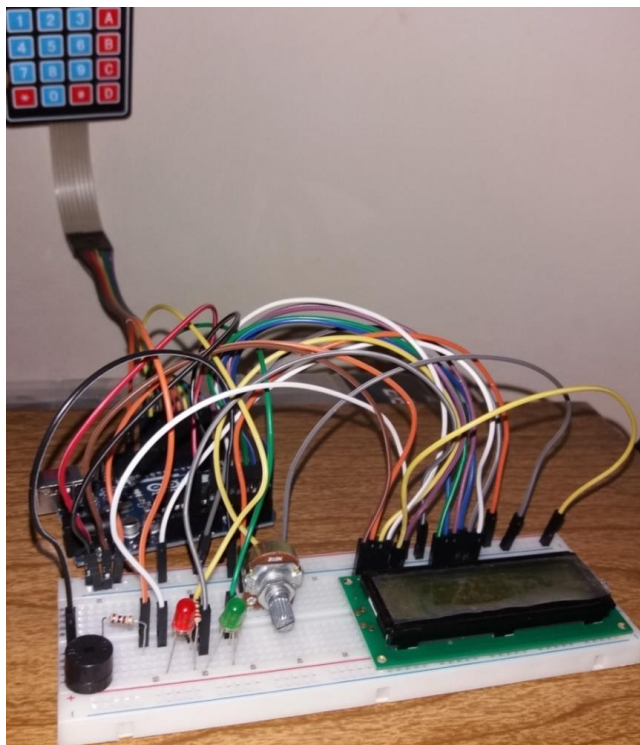
O código programado pela interface IDE do Arduino permanece guardado no próprio Arduino após seu *upload*, em sua memória *flash*, e por este motivo seu funcionamento depende apenas de uma fonte de energia externa.

3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este trabalho apresenta o desenvolvimento de um jogo de matemática, que também desempenha a função de um instrumento de ensino, o qual foi elaborado desde a composição de sua programação até a organização de seu *hardware*, com componentes eletrônicos de baixo custo. Após isso, foi criado um questionário para ser respondido por alunos da terceira série do ensino fundamental após utilizarem o jogo, e outro para os professores que o aplicaram.

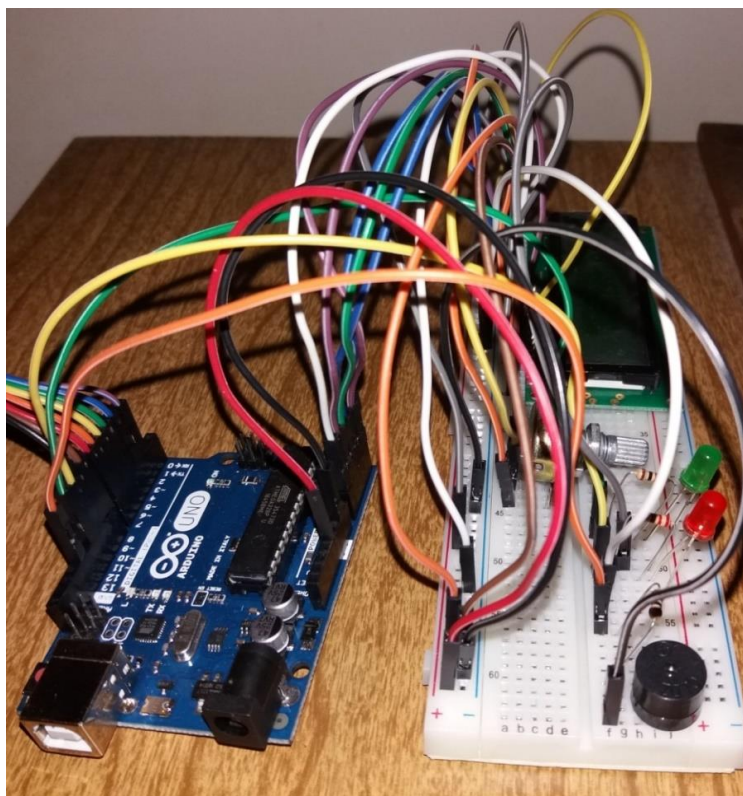
Os componentes foram organizados sobre uma placa *protoboard*, como mostram as fotos a seguir:

Figura 7 – Montagem e conexão dos componentes (vista frontal)



Fonte: Acervo próprio (2019).

Figura 8 – Montagem e conexão dos componentes (vista lateral)



Fonte: Acervo próprio (2019).

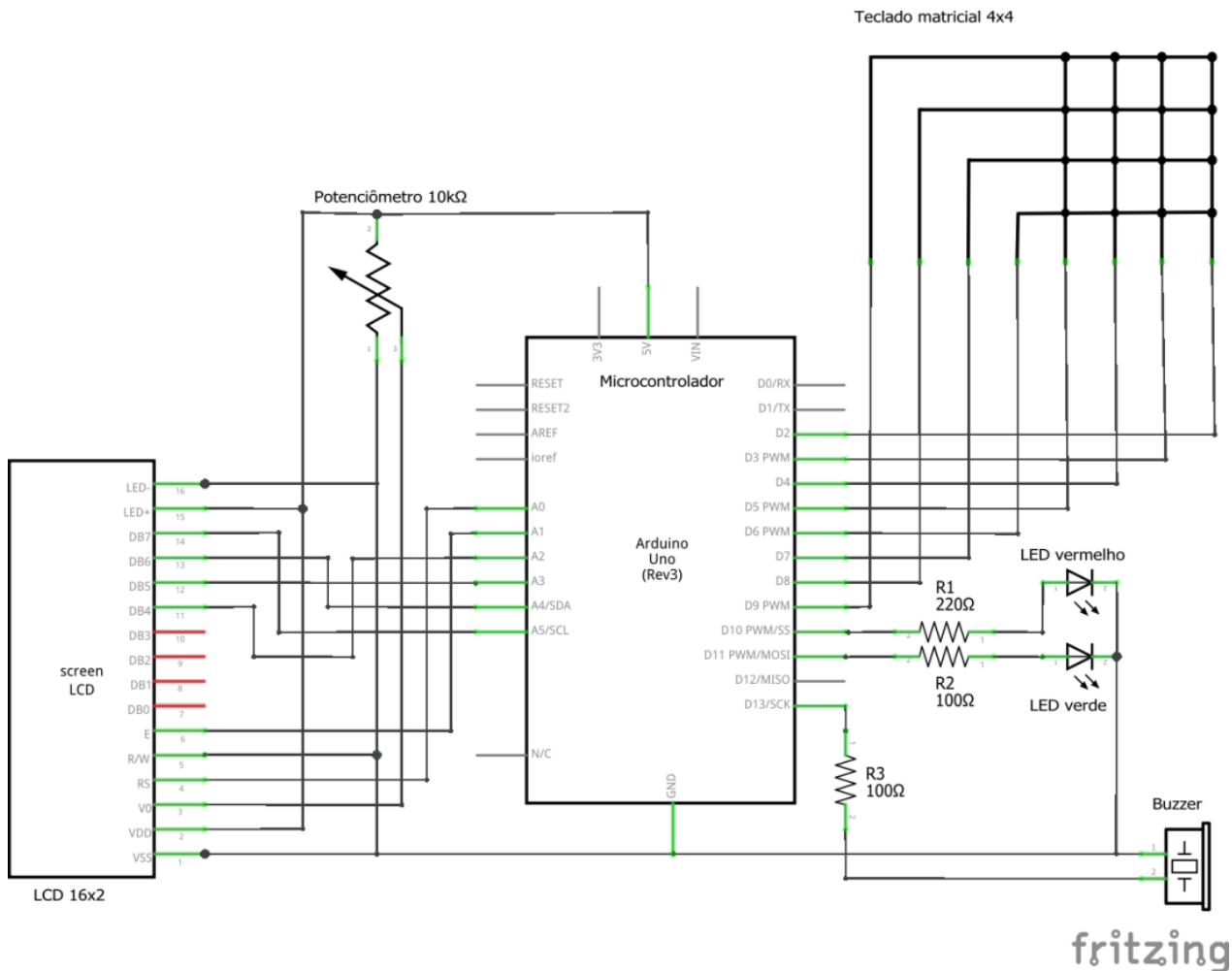
A luz emitida pelos LEDs, no entanto, se mostrou insuficiente em um ambiente bem iluminado. Deste modo, a função *digitalWrite* teve que ser substituída no código pela função *analogWrite*, que permite determinar um valor analógico para controlar a luminosidade de um LED, desde que o mesmo esteja conectado a uma saída PWM do Arduino. Este método possibilitou um aumento relevante na emissão de luz dos LEDs utilizados.

Já os sons emitidos pelo *buzzer* foram determinados pelo teste de diversas frequências e durações distintas, até que fosse alcançado um efeito sonoro satisfatório.

Além dos demais componentes citados anteriormente, como o *display* LCD para mostrar as informações ao usuário, e o potenciômetro para ajustar o contraste desse *display*, foram utilizados resistores externos para limitar a corrente elétrica nos LEDs e no *buzzer*.

O esquema elétrico das conexões é apresentado na figura 9.

Figura 9 – Esquema elétrico do conjunto



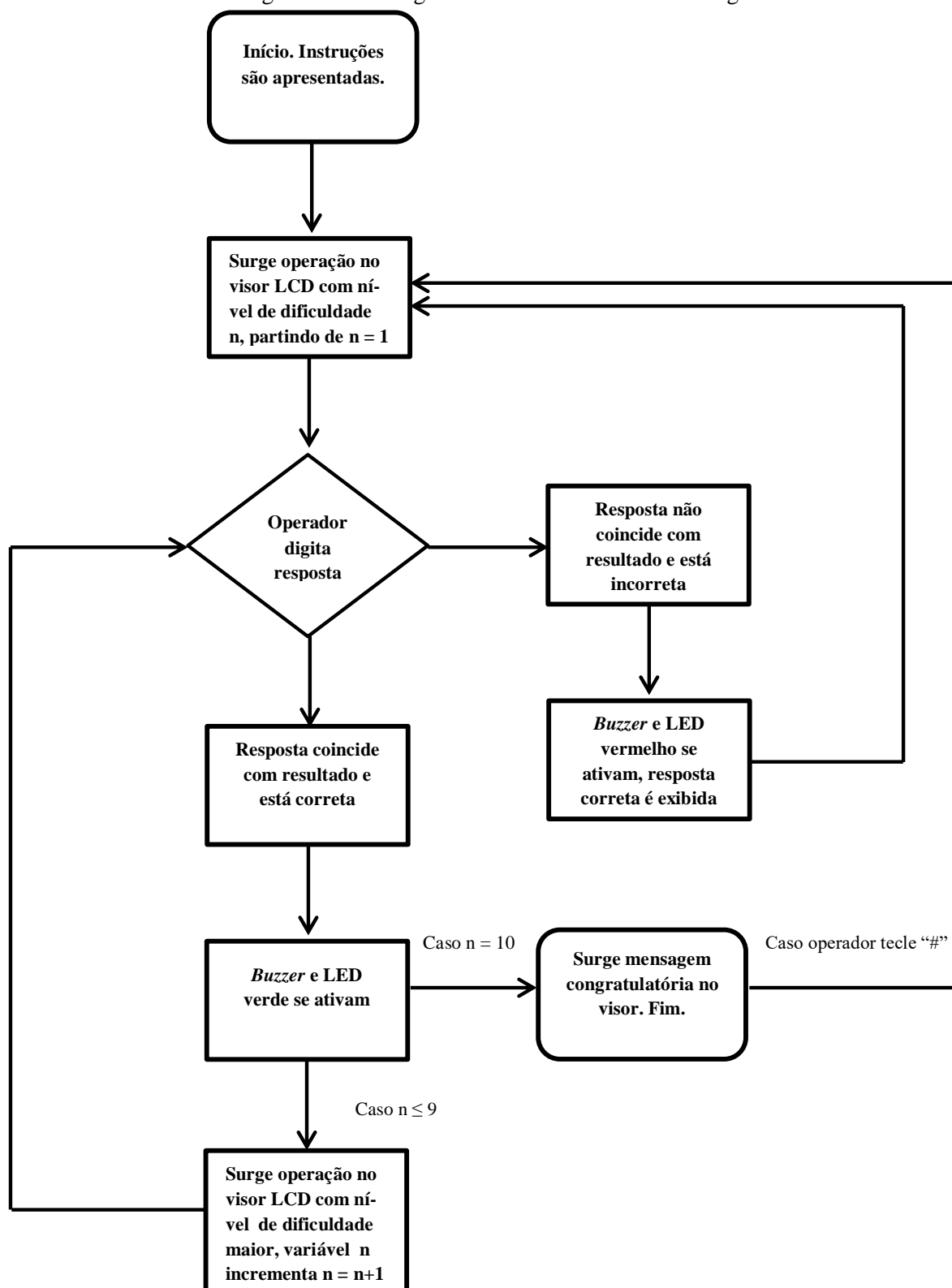
Fonte: Elaboração própria através do programa Fritzing (2019).

A programação se utilizou da biblioteca *LiquidCrystal*, já inclusa no Arduino IDE desde sua instalação, e das bibliotecas *Keypad* e *LcdBarGraph*, incorporadas separadamente. A biblioteca *LiquidCrystal* tem como função controlar a exibição da informação no visor LCD, enquanto a biblioteca *Keypad* foi criada para controlar teclados matriciais. Já a biblioteca *LcdBarGraph* determina a exibição de uma barra que ilustra o valor de uma variável no *display* LCD. Esta última foi empregada com um propósito ligeiramente diferente de sua função original, que é mostrar uma barra de carregamento similar àquela comumente encontrada nos jogos eletrônicos. Este carregamento, no entanto, é pré-atribuído e ilusório, pois o Arduino processa os dados necessários sem interrupção, e apenas serve para dar uma similaridade visual complementar com os jogos eletrônicos.

As operações apresentadas no *display* são todas de multiplicação, devido à sua dificuldade de resolução comparada às outras operações aritméticas como soma e subtração, e à dificuldade de implantação da divisão, que teria que considerar respostas não inteiras ou desconsiderando o resto de uma divisão não exata.

A figura 10 apresenta o fluxograma do código desenvolvido para o jogo:

Figura 10 – Fluxograma de funcionamento do código

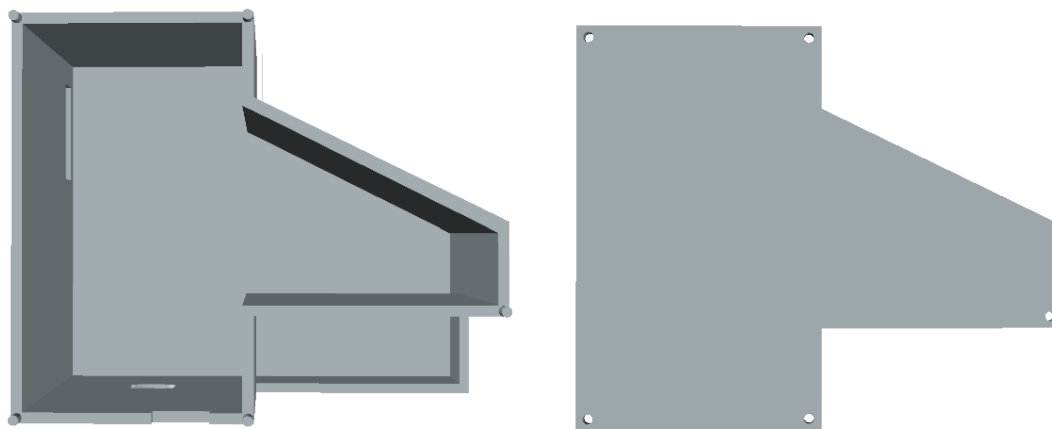


Fonte: Elaboração própria (2019).

O próximo passo foi a elaboração da caixa, que tem como função impedir a exposição e o fácil acesso aos componentes do protótipo, que poderiam de outra forma ser facilmente retirados ou

danificados por quaisquer descuidos. Para este fim foi elaborado um desenho para conter todos os componentes utilizados ocupando o mínimo espaço possível, e ainda deixando visíveis o display LCD e as luzes dos LEDs quando acesos, e saídas para as duas possíveis fontes de alimentação do Arduino e o teclado.

Figura 11 – Desenvolvimento da caixa e tampa



Fonte: Elaboração própria através do programa AutoCAD 2020, versão educacional (2019).

O desenho da caixa foi idealizada no programa AutoCAD em 3D, com as dimensões necessárias para encaixar e conter os componentes como Arduino e *protoboard* sem desperdiçar material em sua produção. Assim, a tampa, ligeiramente maior do que a caixa onde ela se encaixa, foi desenhada com 18,5 centímetros em seu comprimento total e 15,4 centímetros de largura.

Após sua concepção, o desenho da caixa foi salvo em formato de arquivo .stl para sua produção via impressão 3D.

O jogo inicializa assim que o Arduino é conectado a uma fonte de energia, seja por um cabo USB ligado a uma máquina operante ou via conexão externa, diretamente à rede, pelo adaptador de energia proporcionado. O usuário precisa apenas teclar a resposta das contas que surgem com os botões numéricos do teclado e confirmar sua resposta pressionando a tecla com o caractere especial “#”. Essa mesma tecla tem a função de “continuar”, quando a resposta é indicada estar correta ou incorreta, ou quando as questões de todos os níveis de dificuldade são respondidas corretamente. Essas simples instruções aparecem brevemente quando o Arduino é ligado. Após acertar as respostas dos dez níveis de dificuldade, uma mensagem congratulatória aparece no *display*, e, após alguns segundos, surge no visor uma mensagem indicando ao usuário que se pode pressionar “#” para reiniciar todo o processo.

O jogo será apresentado a alunos com faixa etária média entre 8 e 10 anos, para ser usado e solucionado como teste dos conceitos propostos neste trabalho. Após ser exposto às crianças, foi criado um questionário para elas responderem, assim como outro para o professor que aplicou o experimento, para obter-se um resultado mensurável de sua eficácia, através da escala de Likert.

Questionário para os alunos

Responda marcando a opção que esteja mais de acordo com sua opinião.

1. Tenho facilidade com a disciplina de matemática.
 - a) Tenho bastante facilidade
 - b) Tenho um pouco de facilidade
 - c) Tenho um pouco de dificuldade
 - d) Tenho muita dificuldade

2. As contas apresentadas são fáceis de serem respondidas?
 - a) São muito fáceis
 - b) São ligeiramente fáceis
 - c) São ligeiramente difíceis
 - d) São muito difíceis

3. Qual seria a dificuldade se cada uma das contas tivesse um limite de tempo de 20 segundos para ser respondida?
 - a) Seriam muito mais difíceis.
 - b) Seriam um pouco mais difíceis
 - c) Ainda seriam um pouco fáceis
 - d) Ainda seriam muito fáceis

4. Se mais exercícios de matemática tivessem o formato de jogos, eles seriam mais divertidos de serem resolvidos.
 - a) Concordo plenamente
 - b) Concordo parcialmente
 - c) Discordo parcialmente
 - d) Discordo plenamente

5. Este jogo é fácil de ser utilizado?
 - a) É muito complicado
 - b) É um pouco complicado
 - c) É um pouco fácil
 - d) É muito fácil

6. Qual seria seu grau de interesse em usar este jogo novamente?
 - a) Muito alto
 - b) Alto
 - c) Baixo
 - d) Muito baixo

7. Quantas vezes você respondeu as contas dos dez níveis disponíveis?
- a) Só uma vez
 - b) Duas vezes
 - c) Três vezes
 - d) Quatro ou mais vezes
8. O quanto você gostou de jogar este jogo, comparado às atividades mais comuns de uma aula de Matemática?
- a) É muito mais divertido
 - b) É ligeiramente mais divertido
 - c) É ligeiramente menos divertido
 - d) É muito pior do que as atividades da aula

Questionário para o(a) professor(a)

1. Os alunos se interessaram em mexer no jogo?
- a) Todos se interessaram
 - b) A maioria se interessou
 - c) Apenas alguns se interessaram
 - d) Ninguém se interessou
2. Quantos alunos acharam a ideia do jogo divertida?
- a) Todos
 - b) A maioria
 - c) Alguns
 - d) Nenhum
3. O jogo tem fácil aplicação em aula?
- a) Não, ele é muito difícil de ser aplicado
 - b) Não, ele é ligeiramente difícil de ser aplicado
 - c) Sim, ele é ligeiramente fácil de ser aplicado
 - d) Sim, ele é muito fácil de ser aplicado
4. Quanto tempo em média os alunos se interessaram em jogar e responder as contas?
- a) Por bastante tempo
 - b) Por algum tempo
 - c) Por pouco tempo
 - d) Por tempo nenhum
5. Qual a dificuldade apresentada em responder às contas?
- a) Muita dificuldade
 - b) Alguma dificuldade
 - c) Alguma facilidade
 - d) Muita facilidade

6. A ideia deste jogo tem mais aplicações, caso tivesse outras perguntas?
- a) Muito mais aplicações
 - b) Algumas aplicações a mais
 - c) Pouquíssimas aplicações a mais
 - d) Nenhuma aplicação a mais
7. A ideia de utilizar o formato de jogos para alunos responderem a exercícios de matemática é:
- a) Sem importância
 - b) Não muito importante
 - c) Muito importante
 - d) Extremamente importante
8. Os alunos se interessariam mais em exercícios desta disciplina e de outras se mais métodos alternativos para resolvê-los fossem considerados para apresentação.
- a) Concordo plenamente
 - b) Concordo parcialmente
 - c) Discordo parcialmente
 - d) Discordo plenamente
9. Como mudaria o interesse dos alunos se o jogo tivesse mais tipos de contas possíveis, como adição, subtração e divisão?
- a) Eles se interessariam muito mais
 - b) Eles se interessariam um pouco mais
 - c) Eles não se interessariam mais
 - d) Seria menos interessante

O processo de se obter respostas para este experimento prático foi, infelizmente, mais demorado do que o previsto, e deste modo os resultados dos questionários não puderam ser inseridos neste texto, mas poderão ser incorporados à apresentação deste trabalho.

Todavia, foi aplicado o teste de caixa-preta para verificar o funcionamento apropriado do jogo desenvolvido, e se ele atinge os objetivos determinados, como explicado por Limaye (2009). Foram analisados neste teste:

- a) a correta distribuição de números no intervalo esperado pelas perguntas;
- b) a interpretação certa das respostas inseridas pelo operador, mesmo com entrada inesperada de dados;
- c) a resposta ao usuário inserir informações e apertar teclas fora da fase de pergunta e resposta;
- d) se os resultados calculados pelo programa são corretos em todo momento.

O teste determinou que a inserção de dados apenas resulta em uma saída válida quando a resposta é esperada (período de informar o resultado da questão). Durante esta fase de pergunta e resposta, o operador pode inserir caracteres inválidos ao teclar os botões não numéricos como letras ou o caractere especial “*”, ou pode deixar de responder e pressionar o botão de confirmar “#”, porém ambas essas ações apenas geram uma resposta incorreta e uma nova questão e oportunidade de resposta surge em seguida. Já as questões surgiram com valores numéricos conforme o intervalo esperado, e a resposta para elas que surge no visor (caso o operador tenha inserido a solução errada) esteve a todo tempo indicada corretamente.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Este trabalho propõe o desenvolvimento de um jogo de matemática com o Arduino para aplicação em um ambiente de ensino. O código de seu funcionamento foi composto e aplicado com êxito, e a montagem de seu *hardware* funcionou conforme pretendido, tornando um exercício com matemática em uma atividade lúdica.

O projeto apresentado pode ser enriquecido de algumas maneiras, listadas a seguir para futuro uso em trabalhos vindouros:

- a) A inclusão de outras operações aritméticas, como soma, subtração e divisão. No entanto, diferentes números têm que ser definidos para a soma e subtração, já que a resolução dessas operações entre dois números é significativamente menos trabalhosa do que uma multiplicação ou divisão entre estes mesmos números. No caso da divisão, esta tem que considerar uma aproximação na condição de ser solicitada uma resposta com números fora do conjunto dos números naturais (inteiros positivos), ou aceitar respostas com resto para que o valor inserido continue inteiro. Para a subtração, o valor do subtraendo tem que ser

sempre menor do que o valor do minuendo, a fim de que o resto seja um número positivo, ou o sistema tem que aceitar respostas com valores negativos.

- b) A implementação de um limite de tempo para que a resposta seja admitida. Esse conceito pode até ser agregado com a já inserida barra de carregamento, onde ela apareceria no visor LCD, diminuindo conforme o tempo para a resposta chega ao fim. Essa ideia foi considerada neste trabalho mas ultimamente descartada devido ao prazo que sua inclusão requeriria.
- c) O uso de uma caixa desenhada para ser chamativa e lúdica, ao invés de ser projetada apenas para conter os componentes no menor espaço possível, com o mínimo material necessário.
- d) A implementação de melodias mais complexas, ou até mesmo músicas, sendo reproduzidas pelo *buzzer*, ao invés dos simples efeitos sonoros produzidos neste trabalho. Ainda outra opção é trocar o pequeno *buzzer* piezoelétrico utilizado neste caso por um mais potente e com mais recursos.
- e) A substituição da placa de ensaio *protoboard* por uma placa de circuito impresso, para fixar os componentes eletrônicos e tornar o projeto mais compacto. Essa opção também teve que ser desconsiderada devido ao tempo que sua inserção tomaria.
- f) A implementação de caracteres especiais criados pela programação, para tornar o projeto mais lúdico e atrativo para crianças. Essa ideia poderia ainda ser combinada a um visor maior, que permite uma liberdade ainda melhor para o programador criar o desenho imaginado.

REFERÊNCIAS

AISLER (Holanda). **Fritzing**. Disponível em: <<https://aisler.net/>>. Acesso em: 13 novembro 2019.

ARDUINO. **Arduino Uno Rev3**, 2019. Disponível em:

<<https://store.arduino.cc/usa/arduino-uno-rev3>>. Acesso em: 13 novembro 2019.

BENITTI, Fabiane Barreto Vavassori et al. Experimentação com Robótica Educativa no Ensino Médio: ambiente, atividades e resultados. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 2009, Bento Gonçalves. **Anais...** Blumenal: Sbc, 2009. p. 1811 - 1820.

Disponível em:

<<http://www.br-ie.org/pub/index.php/wie/article/view/2166/1932>>. Acesso em: 13 novembro 2019.

BEZERRA NETO, Ranulfo Plutarco et al. Robótica na Educação: Uma Revisão Sistemática dos Últimos 10 Anos. **Anais do XXVI Simpósio Brasileiro de Informática na Educação (SBIE 2015)**, [s.l.], p.386-393, 26 out. 2015. Disponível em:

<<http://www.br-ie.org/pub/index.php/sbie/article/view/5192/3580>>. Acesso em: 13 novembro 2019.

BRINQUEDOS ESTRELA (Brasil). **Jogo Genius**. Disponível em:

<<https://www.estrela.com.br/genius/p>>. Acesso em: 11 novembro 2019.

CARVALHO, Adelson S.; BARONE, Dante A.C.; TELES, Eduardo Oliveira. Robótica educativa como motivação ao ingresso em carreiras de engenharia e tecnologia: o projeto ROBOCETi. In: XLI CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO DE ENGENHARIA, 41. 2013, Gramado, RS. **Anais...** Gramado: UFRGS, 2013. p. 1 – 10. Disponível em: <http://www.fadep.br/engenharia-eletrica/congresso/pdf/116151_1.pdf>. Acesso em: 13 novembro 2019.

HERADIO, Ruben et al. Open-Source Hardware in Education: a Systematic Mapping Study. **IEEE Access**, vol. 6, p. 72094-72103, nov. 2018. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/8537888>>. Acesso em: 13 novembro 2019.

KELEMEN, Balázs. **LcdBarGraph Library for Arduino**, 2015. Disponível em: <<https://playground.arduino.cc/Code/LcdBarGraph>>. Acesso em: 13 novembro 2019.

LEGO GROUP (Dinamarca). **LEGO Mindstorms NXT**. Disponível em: <<https://www.lego.com/en-us/mindstorms>>. Acesso em: 13 novembro 2019.

LIMAYE, Milind G. **Software Testing**. India: Tata McGraw-Hill Education, 2009.

OLIVEIRA, E. **Como usar com Arduino – Teclado Matricial de Membrana 4x4**, 2018. Disponível em: <<https://blogmasterwalkershop.com.br/arduino/como-usar-com-arduino-teclado-matricial-de-membrana-4x4>>. Acesso em: 06 novembro 2019.

PARALLAX INC (Estados Unidos). **Boe-Bot Robot**. Disponível em: <<https://www.parallax.com/product/boe-bot-robot>>. Acesso em: 13 novembro 2019.

PICORETI, R. **Teclado Matricial e Multiplexação**, 2017. Disponível em: <<https://portal.vidadesilicio.com.br/teclado-matricial-e-multiplexacao>>. Acesso em: 13 novembro 2019.

THOMSEN, Adilson. **Controlando um LCD 16x2 com Arduino**, 2011. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/controlando-um-lcd-16x2-com-arduino/>>. Acesso em: 13 novembro 2019.

SANTOS, Carmen Faria; MENEZES, Crediné Silva de. A Aprendizagem da Física no Ensino Fundamental em um Ambiente de Robótica Educacional. In: XXV CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE COMPUTAÇÃO, 25., 2005, São Leopoldo. **Workshop**. São Leopoldo: Unisinos, 2005. p. 2746 - 2753. Disponível em: <<http://br-ie.org/pub/index.php/wie/article/viewFile/856/842>>. Acesso em: 13 novembro 2019.

SANTOS, Sérgio L. T. dos. **Utilização de jogos sérios na aprendizagem de matemática**. 2018. Dissertação (Mestrado em Mestrado Profissional em Matemática em Rede Nacional) - Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018. Disponível em: <https://teses.usp.br/teses/disponiveis/55/55136/tde-31072018-145854/publico/SergioLuisTamassiadosSantos_revisada.pdf>. Acesso em: 13 novembro 2019.

SOUZA, Matheus Rosés de. **SCRATCH: Gamification na Educação**. **Revista CNEC Educação**, Uberaba, v.2, n.1, p. 58-81, 2019. Disponível em: <<http://sys.facos.edu.br/ojs/index.php/cneceduacao/article/view/322/293>>. Acesso em: 13 novembro 2019.

STANLEY, Mark; BREVIG, Alexander. **Keypad Library for Arduino**, 2015. Disponível em: <<https://playground.arduino.cc/Code/Keypad/>>. Acesso em: 13 novembro 2019.

THOMSEN, Adilson. **Controlando um LCD 16×2 com Arduino**, 2011. Disponível em: <<https://www.filipeflop.com/blog/controlando-um-lcd-16x2-com-arduino/>>. Acesso em: 06 novembro 2019.

TONÉIS, Cristiano N. **Os games na sala de aula: Games na educação ou a gamificação da educação**. Bookess Editora LTDA - ME, 2017.