

DESENVOLVIMENTO DE UMA FERRAMENTA PARA ENSINO DE GERAÇÃO DISTRIBUÍDA EM ESCOLAS DE ENSINO FUNDAMENTAL

Lucas Augusto Rabaiolli Mazocco, Ruan Juarez Bulsing, Rafael Concatto Beltrame
Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Geração Distribuída de Energia Elétrica
Universidade Federal de Santa Maria - UFSM
Santa Maria, Brasil
Email: lucas.mazocco@acad.ufsm.br, ruan.bulsing@acad.ufsm.br, beltrame@gepoc.ufsm.br

Resumo—Este trabalho apresenta os resultados de um projeto de divulgação de conhecimentos teórico e prático sobre energias renováveis em escolas de ensino fundamental. Para alcançar os objetivos propostos, desenvolveu-se uma ferramenta educacional que é composta de uma maquete de uma cidade autossustentável conectada a um sistema de supervisão e controle por um *smartphone*. Com isso, conseguiu-se que os alunos se motivassem a aprender mais sobre o assunto e a transmiti-lo para além da escola.

Keywords – Educação, energias renováveis, maquete, sistema de supervisão.

I. INTRODUÇÃO

Atualmente, a questão envolvendo a matriz energética mundial tem ganhado uma atenção especial. Isso se deve não só pelo apelo à redução de emissões de gases causadores do efeito estufa, produzidos pelas fontes que utilizam combustíveis fósseis, como também pela crescente demanda de energia elétrica em todo o mundo. A geração de energia elétrica com o uso de combustíveis fósseis corresponde a 80% da produção de energia global [1]. Essa utilização elevada de combustíveis fósseis ocasiona um aumento da concentração de CO₂ presente na atmosfera, causando mudanças climáticas no ecossistema que, em alguns casos, podem ser irreversíveis.

A energia elétrica proveniente de fontes renováveis de energia recebe um destaque importante neste cenário. Além de contribuir para a redução do uso de combustíveis fósseis, as fontes renováveis auxiliam a suprir a crescente demanda de energia.

Dentre as diversas fontes, as que empregam energia eólica, energia fotovoltaica e energia hídrica desempenham um papel fundamental nesse quesito.

O Brasil dispõe de uma matriz elétrica de origem predominantemente renovável, com representação de 83,3% da oferta interna de eletricidade. O destaque está na fonte hídrica que corresponde por 66,6% da geração [2].

Segundo estimativas da Associação Brasileira de Energia Eólica [3], a participação de energia eólica na matriz energética brasileira deve saltar de 3% para 8% em apenas 5 anos. Esse significativo aumento da exploração de energia eólica

se deve há dois principais fatores: (i) diminuição dos custos para instalação de geradores eólicos; (ii) o Brasil possui uma velocidade constante nos ventos, possuindo uma oscilação de níveis de velocidade inferior a 5% na maior parte do tempo.

No decorrer dos últimos anos, a geração de energia solar fotovoltaica ganhou destaque por oportunizar aos consumidores também produzirem energia elétrica. Os painéis fotovoltaicos, atualmente, apresentam uma fácil e rápida instalação, aliado ao seu custo acessível, com reduzido tempo de retorno. A utilização dessa fonte de energia está em ascensão no mercado brasileiro [4].

A nova geração de estudantes, principalmente os nascidos após o ano de 2010, são conhecidos como nativos digitais por possuírem uma habilidade maior de aprender novas tecnologias e, com isso, influenciar nos modelos de consumo dentro da sociedade. Logo, a educação ambiental nas escolas tem a função de prezar pela resolução de problemas energéticos diretamente relacionados com os problemas ambientais atuais [5].

A proposta da Base Nacional Comum Curricular (BNCC) [6] na área das Ciências da Natureza para o ensino fundamental é de organizar as situações de aprendizagem de forma desafiadora, estimulando o interesse e a curiosidade científica dos alunos, possibilitando aos mesmos identificar problemas, levantar, analisar e apresentar resultados. Desse modo, novas formas de interação entre aluno e professor devem existir na sala de aula para fazer com que o discente produza sua própria reflexão que, ao ser exposta ao grupo, pode ser discutida e com isso ampliada ou rejeitada [7].

Neste contexto destaca-se o uso de modelos e a produção de maquetes. Ao invés de ministrar aulas baseadas somente em conteúdo, o professor propõe projetos para serem trabalhados em grupos [8]. Isso faz com que surjam discussões entre os alunos e intervenções que precisam ser mediadas pelo professor.

A produção de modelos torna a aula mais atrativa e o conteúdo mais bem explicitado. Essa ação amplia as relações entre os discentes, fazendo com que o assunto científico possa ser filtrado pela linguagem do aluno, debatido no grupo e compartilhado em modo lúdico entre os colegas [9]. O

estudante participa de uma experimentação do processo de pesquisa, discutindo hipóteses na busca da melhor situação a ser executada.

Esse processo se concretiza em diversas etapas até chegar no seu produto final. Isso faz com que cada estudante colabore com sua habilidade e aprenda com o colega, gerando um trabalho cooperativo. Estas ações favorecem o desenvolvimento da aprendizagem significativa dos alunos pelo fato de proporcionar meios de motivá-los e envolvê-los com o assunto abordado.

Especificamente no tema energia renováveis, o estudante tem a possibilidade de ver seu uso no cotidiano das pessoas. Assim, o ensino deste assunto é facilitado quando apresentado com situações em que os próprios estudantes já conviveram. Com estas metodologias de ensino, aliadas a estudos de pesquisa em grupo, o estudante é apresentado a um interessante processo de ensino.

II. METODOLOGIA

A metodologia definida para abordagem nas escolas foi dividida em quatro partes: (i) palestra motivacional; (ii) atividades práticas; (iii) proposta do desafio para os estudantes; e (iv) relato de experiência para avaliação do projeto.

No que tange a primeira etapa, foram revisadas referências sobre as fontes renováveis de energia com intuito de sintetizar o conteúdo em uma palestra motivacional com a turma, (Figura 1). Com isso, buscou-se instigar os alunos a despertar o interesse pelo assunto, possibilitando a criação de uma concepção crítica a respeito de cada tipo de geração de energia a fim de promover uma discussão construtiva perante aos demais colegas e professores.

Na segunda etapa, sucederam-se as aulas práticas. Nessas, os estudantes tiveram a oportunidade de avaliar o real funcionamento das fontes renováveis de energia em uma maquete didática de uma cidade autossustentável. O grupo participante pôde observar em um aplicativo *mobile* a porcentagem que cada fonte de energia estava gerando com relação a sua capacidade máxima e, assim, elencar as melhores condições climáticas para extrair o rendimento máximo de cada gerador.

Na terceira etapa, desafiou-se o grupo a construir uma maquete de uma cidade ou bairro autossustentável. Com o



Figura 1. Palestra motivacional para uma turma de nono ano do ensino fundamental.

intuito de organizar os trabalhos, dividiu-se os estudantes em grupos de no máximo cinco pessoas.

Cada grupo teve a possibilidade de definir o que seria representado na maquete para, no fim do trabalho, unir todas as partes em uma maquete única.

Segundo [10], as atividades práticas, ao mesmo tempo em que nutrem o ambiente pelas inovações trazidas, devem se impor como trabalhos que requerem um cuidado e uma atenção especial. Sua complexidade deve ser reconhecida para que não sobrecarregue os estudantes, causando, assim, uma saturação de informações e prejudicando a fluidez da transferência do conhecimento. Assim, o desenvolvimento prático foi fracionado em diversas etapas, cada qual realizada em uma data diferente.

Por fim, para realizar uma análise do resultado do projeto utilizou-se de uma avaliação baseada em relato de experiência. Nesta avaliação, foram elaboradas perguntas baseadas em três temas distintos, cada qual com seu público alvo: (i) tema institucional, realizando perguntas para a diretora da escola; (ii) tema educacional, realizando perguntas para a professora da turma da escola; (iii) tema educativo, realizando perguntas para os estudantes participantes do projeto.

Diante do exposto, a metodologia abordada proporcionou aos alunos trabalhar com outras habilidades além daquelas tradicionais aprendidas durante sua formação, desenvolvendo capacidades técnicas e artísticas ao estudar, projetar e confeccionar um trabalho prático envolvendo energias renováveis. Elencando um exemplo de trabalho, os estudantes desenvolveram uma miniatura da Universidade Federal de Santa Maria, espaço que já faz o uso de fontes de renováveis de energia. Na Figura 2 é mostrado o modelo da entrada da Universidade Federal de Santa Maria construído pelos estudantes.



Figura 2. Modelo representativo da entrada da Universidade Federal de Santa Maria construído pelos estudantes.

III. PROJETO DA MAQUETE

A. Fontes Renováveis de Energia

De modo a apresentar na prática o funcionamento das fontes renováveis de energia, desenvolveu-se um modelo de uma cidade autossustentável. Esta maquete possui três fontes renováveis de energia: um mini painel fotovoltaico [11], um mini gerador eólico [12] e uma micro usina hidrelétrica [13]. Essas fontes possuem suas especificações mostradas na Tabela I.

O mini painel fotovoltaico, mostrado na Figura 3(a) possui o mesmo funcionamento de um modelo comercial, convertendo a radiação solar em eletricidade, porém com uma menor capacidade de geração elétrica devido à pequena quantidade de células fotovoltaicas. Na aplicação proposta o mini painel fotovoltaico foi interligado a um sistema microcontrolado (Arduino Mega 2560) para medir a tensão instantânea gerada, não sendo empregado para a ligação dos componentes elétricos da maquete.

O mini gerador eólico mostrado na Figura 3(b), é constituído de uma turbina eólica compacta com eixo vertical conectada a um gerador de corrente contínua, que gera um nível de tensão diretamente proporcional à velocidade do vento aplicado nas pás.

No desenvolvimento da micro usina hidrelétrica, mostrada na Figura 3(c), necessitou-se de uma adequação do espaço físico da maquete. Para mover a turbina, inseriu-se uma bomba para proporcionar uma vazão de água aproximadamente constante. Além disso, uma caixa d' água com a capacidade de 5 litros foi empregada para manter a bomba operando com suas linhas cheias, conforme recomendação do fabricante [13].

Assim, elencou-se um espaço específico na maquete para alojar e fixar os geradores. Nesse espaço também foi colocado todo o sistema elétrico e microcontrolado. A Figura 4 apresenta a disposição das fontes e do sistema microcontrolado e a Figura 5 traz a maquete completa.

B. Sistema Microcontrolado

Para o desenvolvimento do sistema de supervisão e controle empregou-se a plataforma Arduino®. Desenvolveu-se uma placa de circuito impresso para monitorar a geração de energia de cada fonte e atuar no acionamento dos circuitos de LEDs presentes na maquete. A plataforma Arduino® é amplamente utilizada para a criação de projetos devido ao seu baixo custo, facilidade de programação e simplicidade de conexão dos sistemas elétricos à placa, não sendo necessária nenhuma interface adicional. Após definir as funções requeridas ao microcontrolador, selecionou-se a placa Arduino® Mega 2560.

Tabela I
ESPECIFICAÇÃO DOS GERADORES.

Gerador	Tensão máxima (V)	Potência máxima (W)
Mini painel fotovoltaico	5,0	2,5
Mini gerador eólico	5,5	0,55
Mini usina hidrelétrica	15,0	3,9

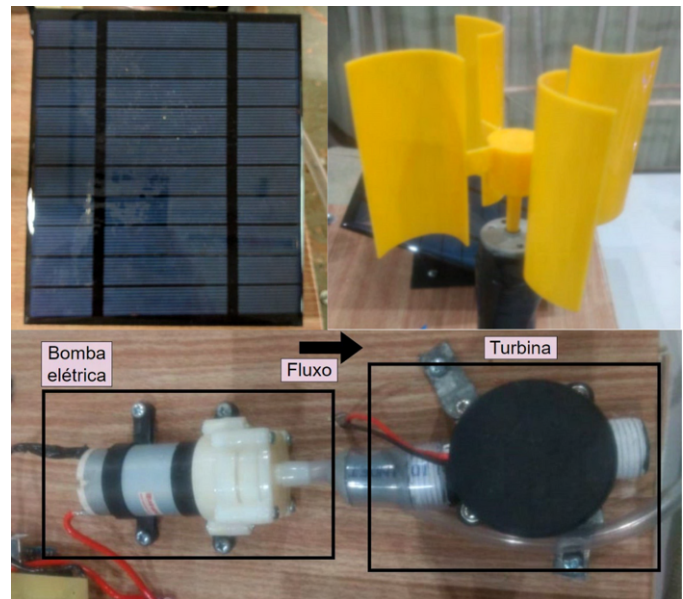


Figura 3. (a) Mini painel fotovoltaico. (b) Mini gerador eólico. (c) Micro usina hidrelétrica

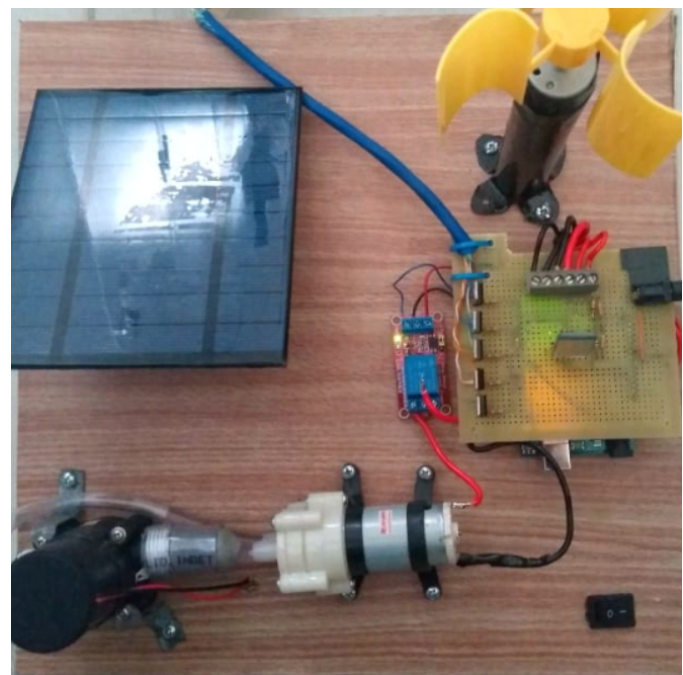


Figura 4. Fontes de energia e sistema microcontrolado implementado.

O Arduino® Mega 2560 possui 54 saídas e entradas digitais, sendo 15 destas com função de PWM (*Pulse-Width Modulation*), 16 portas analógicas e 4 portas de comunicação serial. Todas essas portas possuem uma tensão de operação de 0 a 5 V e uma corrente máxima de 50 mA. Além disso, a placa possui uma alimentação de 12 V e uma memória Flash de 256 kBytes [14].

Conforme as especificações dos geradores de energia (Tabela I), tem-se diferentes tensões de operação, sendo neces-



Figura 5. Maquete em sua versão final.

sário adequar os níveis de tensão para a ligação com os conversores analógicos digitais (A/D) do microcontrolador. Desse modo, desenvolveu-se um circuito divisor de tensão resistivo para cada fonte de energia. Os três geradores foram conectados nos canais A/D do microcontrolador a fim de realizar uma medição da tensão gerada.

Com o modelo da cidade autossustentável confeccionado, definiu-se a quantidade de LEDs que seriam instalados. Assim, elaborou-se 5 circuitos elétricos divididos entre escola, estádio, ruas, casas e condomínios. Cada circuito elétrico possui 8 LEDs, divididos entre brancos e azuis. Conforme as especificações do fabricante, cada LED consome em média 20 mA, resultando em um total de 160 mA para cada circuito especificado [15].

Conforme mencionado, as saídas digitais do microcontrolador não conseguem fornecer corrente suficiente para alimentar todo o circuito elétrico. Assim, inseriu-se um transistor bipolar de junção para cada circuito elétrico com intuito de realizar o chaveamento do circuito, alimentado por uma fonte de tensão externa. Dessa forma, os geradores fornecem um sinal para o microcontrolador, que envia um sinal para o transistor (com modulação PWM) fornecer a corrente necessária aos circuitos da maquete. A Figura 6 demonstra o funcionamento do circuito de controle dos LEDs.

Devido à quantidade de LEDs presentes na maquete e à bomba elétrica requerida pelo gerador hídrico, necessitou-se ligar uma fonte de alimentação externa. Essa fonte de alimentação possui uma tensão de 12 V e uma corrente máxima de operação de 2 A, suprimindo toda a energia requerida pela maquete, que demanda de uma corrente máxima de 1,2 A.

A fim de melhor organizar o espaço e compactar o sistema eletrônico, confeccionou-se uma placa de circuito impresso. Fez-se o uso do *software* Proteus® (versão estudante) para esquematizar e definir o *layout* da placa com os componentes

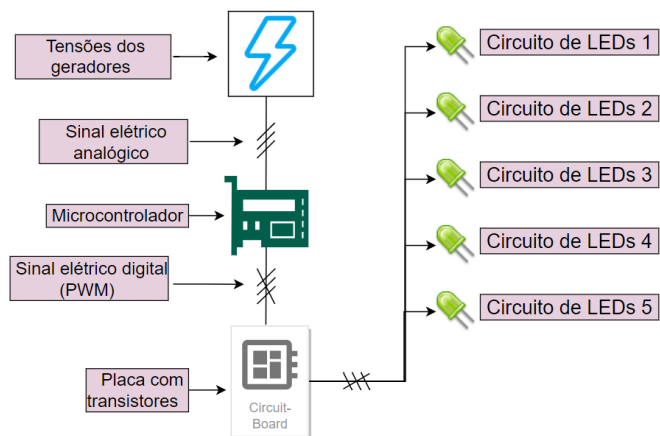


Figura 6. Circuito de controle dos LEDs.

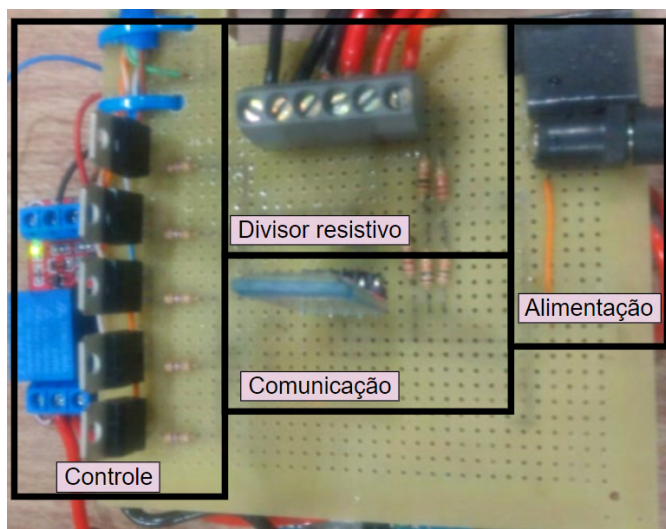


Figura 7. Placa de circuito impresso.

elétricos posicionados. A placa de circuito impresso fabricada com todos os componentes soldados está mostrada na Figura 7.

C. Aplicativo Mobile

Para a atividade prática decidiu-se que seria importante que os estudantes pudessem ver a quantidade de energia gerada por cada gerador e atuar para causar uma variação na geração. Deste modo, idealizou-se um aplicativo *mobile* conectado ao sistema microcontrolado que tivesse as funções de atuar no acionamento dos LEDs da maquete e também na supervisão da tensão gerada por cada fonte renovável de energia.

O sistema de comunicação definido entre a maquete e o aplicativo de celular foi a rede sem fio *bluetooth*, por ser mais prático realizar a conexão sem a necessidade de um meio físico. Além disso, esse tipo de rede já está consolidado em praticamente todos os *smartphones*, facilitando o uso por qualquer pessoa.



Figura 8. Telas do aplicativo *mobile*.

Para o desenvolvimento do aplicativo utilizou-se a plataforma de código aberto MIT App Inventor. Nela pode-se criar todo o *design* e também a lógica de programação. O programa foi dividido em três telas: para realizar a conexão do celular com o microcontrolador, para supervisão das variáveis de energia e para controle de cada circuito de iluminação da maquete.

Na primeira tela, o usuário tem a possibilidade de conectar e desconectar o celular com a maquete, além de ativar a função de *bluetooth* do celular pelo próprio aplicativo. Na tela da iluminação existem botões para ligar e desligar cada circuito de iluminação da maquete. Por fim, na tela da geração ficam representadas as três fontes de energia, juntamente com suas respectivas percentagens de geração instantânea. As telas do aplicativo são mostradas na Figura 8.

As fontes geram uma tensão que chega à entrada analógica do microcontrolador com uma amplitude de 0 a 5 V. Esse sinal é filtrado digitalmente e interpolado para a forma de 0 a 255. Assim, quando a tensão no saída do gerador chegar em seu nível mais alto, o microcontrolador envia o valor máximo (100%) para o aplicativo e, conforme a tensão vai diminuindo, o percentual de geração vai diminuindo linearmente. O valor resultante da interpolação é então aplicado nas saídas PWM do microcontrolador. Desse modo, gera-se um impacto no brilho dos LEDs conforme a variação de geração da tensão proveniente das fontes. O diagrama da Figura 9 sumariza o conceito.

Para permitir a visualização do sistema em operação, disponibilizou-se um vídeo explicativo neste *link*: <https://youtu.be/4O11TAtzRc>

IV. RELATO DE EXPERIÊNCIA

Como método de avaliação do projeto, fez-se o uso de um relato de experiência. Este teve por objetivo buscar uma percepção sobre o projeto de três visões diferentes: (i) visão da diretora da escola; (ii) visão da professora da turma; (iii) visão

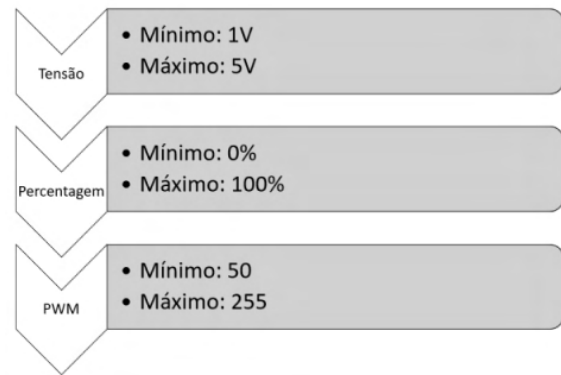


Figura 9. Fluxograma da conversão da tensão das fontes no sinal PWM.

dos alunos participantes do projeto. Deste modo, foi aplicado um questionário contendo algumas perguntas abertas.

A diretora entrevistada relatou que a escola tem um enorme interesse em formar parcerias com projetos da universidade, pois estes contribuem para uma formação mais sólida e diversificada dos estudantes. Além disso, ela afirmou que os alunos tem um fascínio com questões relacionadas a Universidade Federal de Santa Maria, pois vários estudantes desejam ingressar no Colégio Politécnico da UFSM ou no Colégio Técnico Industrial após a conclusão do ensino fundamental.

A professora de Ciências da turma afirmou que o interesse dos alunos pelos temas estudados possui um significativo aumento quando estes temas são apresentados com base em uma metodologia de ensino prática, como é o caso da metodologia de elaboração de maquetes. Ela relatou que durante as atividades práticas o próprio aluno tinha de ir em busca das soluções para os problemas, assim o papel do professor ficou concentrado apenas para responder as questões que surgiam durante a execução do trabalho.

Os alunos tiveram visões equivalentes entre si a cerca do projeto. Todos se interessaram pelas aulas práticas pois afirmaram que essas atividades despertou o interesse pelo assunto. Quando perguntados sobre as dificuldades durante o projeto, os mesmos disseram que a parte de construção prática foi a mais complicada pois exigiu criatividade e precisão na hora de montar o modelo. Os estudantes também alegaram terem gostado da inserção da tecnologia no aprendizado de ciências, como pode-se perceber neste comentário: "Gostei muito de trabalhar com aulas práticas, pois aprofundou mais nosso conhecimento e fez eu ter mais interesse na área da tecnologia".

Pelo fato de os alunos estarem no último ano do ensino fundamental e possuírem interesse de ingressar em instituições de ensino médio da própria Universidade Federal de Santa Maria, os mesmos foram questionados sobre quais áreas pretendiam seguir em uma carreira futura. Dos alunos respondentes, 50% demonstraram interesse na área da tecnologia, 25% na área da saúde e 25% na área da educação.

V. CONCLUSÃO

Neste trabalho foi desenvolvida uma plataforma para o ensino de fontes renováveis e geração distribuída nas escolas de ensino fundamental de Santa Maria. Durante a aplicação do projeto, difundiu-se o conteúdo para mais de 30 estudantes na turma do 9º ano.

Diante do exposto, pode-se concluir que o desenvolvimento e a inserção de uma ferramenta tecnológica no ensino teve um impacto positivo no aprendizado dos alunos com o tema. Além disso, a metodologia empregada durante o projeto foi um diferencial para que os alunos pudessem se colocar como protagonistas na busca dos seus conhecimentos.

AGRADECIMENTOS

Os autores gostariam de agradecer à "Universidade Federal de Santa Maria (UFSM)", "Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq)", "Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Geração Distribuída de Energia Elétrica"(INCT) pelo apoio na realização deste projeto.

REFERÊNCIAS

- [1] EIA U.S., "Renewable energy explained", Energy Information Administration, June 2020. Disponível em: <<http://bit.ly/Renewable-energy-explained>>
- [2] EPE, "Balanço energético nacional", Brasília, 2019.
- [3] ABEEólica, "Boletim de geração eólica anual 2019", São Paulo, Agosto 2020.
- [4] D. Lagrimante, L. P. Landim, V. Cruz, M. Amarante, "Estudo da aplicação de energia fotovoltaica", Revista Pesquisa e Ação, vol. 4, 2018. Disponível em: <<http://bit.ly/estudo-fotovoltaico>>
- [5] M. L. A. P. Marques, A. F. da Silva, J. E. Q. Araújo, T. H. da S. Queiroz, I. D. A. de Almeida, A. A. Marinho, "A educação ambiental na formação da consciência ecológica", Ciências Exatas e Tecnológicas, vol. 1, p. 11-18, Maio 2014.
- [6] Ministério da Educação, "Base Nacional Comum Curricular", Brasília: MEC/SEF, 2017.
- [7] A. Pelizzari, "Teoria da aprendizagem significativa segundo Ausubel", Revista Programa de Educação Continuada, pp. 37-42, 2002.
- [8] A. P. J. Dantas, M. I. R. Farias, R. P. Silva, N. P. Costa, "Importância do uso de modelos didáticos no ensino de citologia", Congresso Nacional de Educação, 2016.
- [9] D. Peluso, F. Pagno, "O uso de maquetes como recurso de aprendizagem", Anais do V Seminário Nacional Interdisciplinar - Universidade Estadual do Oeste do Paraná, pp. 1059-1068, 2015.
- [10] N. Bizzo, "Mais ciência no ensino fundamental: Metodologia de ensino em foco", Editora do Brasil, 1ª Ed., 2013.
- [11] UsinaInfo, "Mini painel solar fotovoltaico 5V 500mA - 130x150mm", 2019. Disponível em: <<http://bit.ly/mini-painel>>
- [12] UsinaInfo, "Mini gerador de energia eólico 5.5V 100mA", 2019. Disponível em: <<http://bit.ly/eolico-gerador>>
- [13] UsinaInfo, "Mini gerador de energia hidráulico / Gerador hidrelétrico para projetos - 8,8V a 15V DC", 2019. Disponível em: <<http://bit.ly/gerador-hidraulico>>
- [14] Robotshop, "Arduino Mega 2560", 2017. Disponível em: <<http://bit.ly/datasheet-mega2560>>
- [15] Symtronic, "LED 5mm SYM-R503-30-D", 2011. Disponível em: <<http://bit.ly/datasheet-led5mm>>