



CIDADES INTELIGENTES: INCENTIVO AO USO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS ATRAVÉS DO DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE SEGUIDOR SOLAR

DOI: 10.37702/2175-957X.COBENGE.2024.5210

Autores: ITALO PINTO RODRIGUES, INGRID MANGIA BARROS, NICOLAS SILVA DE PAULA, ARTHUR ALVES MEISTER, PEDRO RONSISVALLE MACIEL TOLEDO

Resumo: A crescente necessidade de soluções sustentáveis para as cidades motivou o Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA) a adotar a metodologia Engenharia 360º, desafiando os estudantes a desenvolverem projetos reais para promover o uso de energias renováveis, em especial a solar, visando reduzir a emissão de gases poluentes. O problema abordado foi a criação de um sistema de seguimento solar para maximizar a captação de energia fotovoltaica. Para resolver esse problema, os alunos utilizaram a metodologia PjBL (Aprendizagem Baseada em Projeto) e integraram ferramentas como Matlab, AutoCad, Fusion e Arduino para modelar e prototipar um seguidor solar de dois eixos. Os resultados mostraram que o projeto atende aos indicadores da ABNT para cidades inteligentes e contribui para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, comprovando sua viabilidade técnica e impacto positivo na sustentabilidade urbana.

Palavras-chave: Cidades Inteligentes, Energias Renováveis, Seguidor Solar, Sustentabilidade Urbana, Aprendizagem Baseada em Projetos

CIDADES INTELIGENTES: INCENTIVO AO USO DE ENERGIAS RENOVÁVEIS ATRAVÉS DO DESENVOLVIMENTO DE UM PROTÓTIPO DE SEGUIDOR SOLAR

1 INTRODUÇÃO

O Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA) percebendo as constantes mudanças no processo de ensino-aprendizagem dos estudantes de engenharia, implementou uma abordagem inovadora nos cursos presenciais. Essa mudança foi aplicada para todas as engenharias da IES (Instituição de Ensino Superior), sendo Elétrica, Mecânica, Civil, Ambiental e Produção. A abordagem denominada Engenharia 360° adota a metodologia PjBL (Aprendizagem Baseada em Projeto) como vetor de condução dos cursos de Engenharia.

Portanto, a cada semestre, os estudantes são desafiados a desenvolverem soluções de engenharia para problemas práticos observados no mundo real, utilizando os conhecimentos adquiridos nas disciplinas (conteúdos) do semestre.

A literatura indica que este modelo pode alcançar maior motivação do estudante, já que utilizada alguns métodos de aprendizagem ativa (CHI; WYLIE, 2014; BALLESTEROS et al., 2021; GOMEZ-DEL RIO; RODRIGUEZ, 2022).

O ensino de engenharia, que antes, privilegiava o modelo centrado no professor. Com o modelo da Engenharia 360° visa aprimorar a aquisição de conhecimento por meio da participação ativa dos estudantes no processo de ensino-aprendizagem.

A origem deste artigo está no primeiro semestre de 2023, quando os estudantes foram desafiados a desenvolverem protótipos de soluções para cidades sustentáveis e inteligentes. Sendo assim, foram desenvolvidos diversos projetos, dentre eles, o que se apresenta neste artigo como estudo de caso. Todos os projetos desenvolvidos ao longo do semestre foram avaliados sob os mesmos critérios, porém os estudantes puderam escolher livremente o protótipo a ser desenvolvido.

O principal objetivo deste artigo é apresentar a metodologia utilizada para orientar os estudantes na condução dos projetos e ilustrá-la com os resultados de um dos protótipos desenvolvidos.

O projeto que ilustra a metodologia focou no desenvolvimento e modelagem do comportamento de um seguidor solar, atendendo aos requisitos dos indicadores estabelecidos pela ABNT (2021) para cidades inteligentes e visando alcançar um dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, a serem cumpridos até 2030. Com isso, será possível proporcionar uma maior geração de energia sustentável ocasionando, assim a redução dos gases poluentes, garantindo uma melhor qualidade de vida para a população sem degradar o meio ambiente.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A população nas cidades vem crescendo cada vez mais nos últimos anos e, com isso, a busca por soluções sustentáveis que promovam a melhoria na qualidade de vida da população é uma preocupação da Engenharia. Dessa forma, surge o termo Cidade Inteligente que, segundo a ABNT, (2021), é definido como sendo:

Cidade que aumenta o ritmo em que proporciona resultados de sustentabilidade social, econômica e ambiental e que

responde a desafios como mudanças climáticas, rápido crescimento populacional e instabilidade de ordem política e econômica, melhorando fundamentalmente a forma como engaja a sociedade, aplica métodos de liderança colaborativa, trabalha por meio de disciplinas e sistemas municipais, e usa informações de dados e tecnologias modernas, para fornecer melhores serviços e qualidade de vida para os que nela habitam, agora e no futuro visível, sem desvantagens injustas ou degradação do ambiente natural (ABNT, 2021).

Pensando no atual cenário mundial, um dos principais desafios para as nações tem sido encontrar meios de diminuir a emissão de gases poluentes na atmosfera, visto que quando gerados em grande quantidade, causam um desequilíbrio no efeito estufa promovendo, dessa forma, o aquecimento acentuado em um curto período. Verificou-se, então, que um dos maiores agravantes desse cenário é a matriz energética mundial, onde uma parte da energia utilizada nas atividades humanas provém da queima de combustíveis fósseis como, por exemplo, a geração de energia elétrica através da queima do carvão (VANATTA et al., 2022; KLINLAMPU; CHIMPRANG; SIRISRISAKULCHAI, 2023).

Desse modo, a energia solar pode fornecer benefícios no que diz respeito à geração de energia. Portanto, a formação do profissional que atuará nesta área é de suma importância. Desse modo, a construção de protótipos pode apoiar a formação de futuros profissionais que irão lidar com esta fonte de energia limpa.

Bessa Neto, Vale e Guerra, (2020) apresentaram o sistema de um rastreador solar de um eixo vertical, desenvolvido para aplicações didáticas. O sistema de sensoriamento da posição solar é composto por dois sensores LDR e um anteparo, semelhante a um muro, responsável por gerar a sombra conforme a posição do sol muda.

Cortez, (2013), por sua vez, propôs em sua dissertação uma alternativa para o sistema de rastreamento solar de eixo vertical da empresa JPM, utilizando fotodiodos como sensores para a localização do sol.

Em contraste, Ribeiro, Prado e Gonçalves, (2012) desenvolveram um sistema de rastreamento solar de eixo duplo baseado em sensores LDR, onde para cada eixo cardinal são utilizados dois pares de sensores. O movimento vertical é proporcional à diferença entre a irradiação útil recebida pelos LDRs norte e sul, enquanto o movimento horizontal considera o par de LDRs leste e oeste.

Diante do exposto, percebe-se a oportunidade de desenvolver e modelar o comportamento de um sistema de rastreamento solar de dois eixos, sendo um vertical e o outro horizontal. Isso eliminaria a necessidade de atenção à posição de instalação do seguidor, uma vez que ele buscará a maior incidência de sol de maneira instantânea.

Para o sistema de seguimento, serão utilizados sensores LDR, devido à sua alta velocidade de resposta, precisão e sensibilidade. A quantidade de sensores LDR será aumentada para quatro, considerando a maior complexidade do sistema. Assim, para o monitoramento e movimentação do eixo horizontal, será necessário o acréscimo de dois sensores, diferentemente do sistema utilizado por Bessa Neto, Vale e Guerra, (2020).

Além disso, para o presente trabalho, optou-se pelo uso do Arduino Mega, uma plataforma de baixo custo e com linguagem de programação simples. Dessa forma, espera-se obter um ganho médio maior de energia gerada, uma vez que a movimentação em dois eixos garantirá uma maior incidência solar sobre as placas.

3 METODOLOGIA PROPOSTA

Esta seção apresenta a metodologia de avaliação do projeto, que indica as principais orientações de como o projeto deve ser realizado e como o estudo de caso foi conduzido.

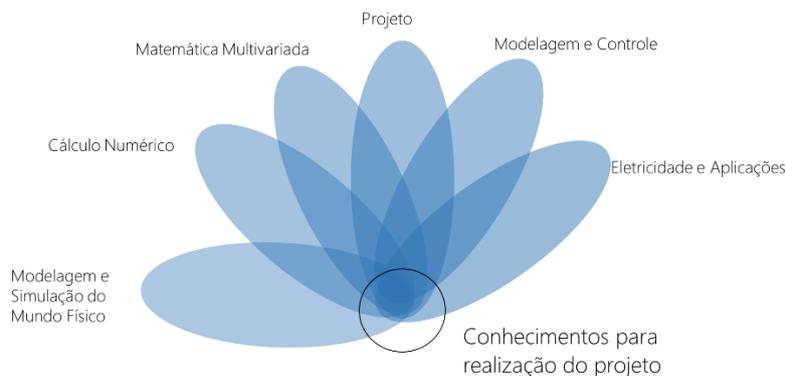
3.1 Escopo do Projeto e Principais Orientações

A execução dos projetos no módulo envolveu a divisão da turma em grupos de 4 a 6 estudantes, com cada grupo sendo responsável pelo desenvolvimento de um projeto diferente. Essa estrutura de grupos possibilitou um melhor gerenciamento das atividades internas, permitindo que os membros atuassem como facilitadores em tarefas específicas.

O desenvolvimento do projeto seguiu uma metodologia composta por três etapas principais: modelagem, simulação e prototipagem. Todos os grupos seguiram esta metodologia, independente do projeto específico desenvolvido. Este processo ocorreu no âmbito do módulo "Desenvolvimento de Protótipos", parte fundamental do ciclo básico das Engenharias no UniFOA.

Durante o módulo, os estudantes aplicaram conhecimentos adquiridos em diversas disciplinas, incluindo Modelagem e Simulação do Mundo Físico, Cálculo Numérico, Matemática Multivariada, Projeto, Modelagem e Controle, além de Eletricidade e suas Aplicações. A integração desses conhecimentos foi essencial para a estruturação de informações que permitissem a elaboração de um projeto viável e eficiente, conforme ilustrado na Figura 1.

Figura 1 – A interseção dos conhecimentos deve possibilitar a resolução do problema.



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Os projetos são gerenciados e monitorados utilizando a ferramenta de gestão Jira, escolhida devido à sua interface amigável e às configurações que permitem a visualização em tempo real das atividades pelos participantes do projeto, incluindo professores e alunos.

Para formalizar os parâmetros de avaliação dos projetos, foram estabelecidos critérios específicos, destinados a orientar os estudantes na condução das atividades. Esses critérios são apresentados na Tabela 1, conforme apresentado por RODRIGUES et al., (2023).

A coluna “Etapa” na Tabela 1 especifica os momentos em que os itens serão avaliados em cada um dos grupos: na metade do semestre (Qualificação do Projeto) e no final do semestre (Apresentação Final). A coluna "Entregáveis" descreve os itens que os estudantes devem apresentar para alcançar os objetivos de aprendizagem do projeto. Nessa coluna, são indicadas as opções para que os estudantes concretizem a entrega de cada critério. Por fim, a coluna "Conhecimentos Envolvidos" detalha os principais conhecimentos necessários para cada critério de avaliação, fornecendo suporte e conteúdo essenciais para que os estudantes possam realizar os entregáveis de forma eficaz.

Tabela 1 – Critérios de avaliação do Projeto.

Etapa	Critério de Avaliação	Entregáveis	Conhecimentos envolvidos
Qualificação	Caracterização e Justificativa do Problema	Pesquisa	Projeto
	Caracterização e Justificativa da Solução	Trabalhos relacionados	Projeto
	Proposta Preliminar do Protótipo: Requisitos	Critérios de Aceitação, Desenho técnico, croquis	Eletricidade e Aplicações e Modelagem e Simulação do Mundo Físico
	Proposta preliminar do Software de Controle	Máquina de Estados Finitos, Fluxograma	Projeto e Modelagem e Controle
	Modelagem do Problema que se deseja resolver	Modelo que descreva o modelo e suas interfaces	Modelagem e Simulação do Mundo Físico, Modelagem e Controle, Cálculo Numérico, Matemática Multivariada
	Simulação Comportamental do Problema	Simulação no Tinkercad, Máquina de Estados Finitos	Modelagem e Simulação do Mundo Físico, Modelagem e Controle, Cálculo Numérico, Matemática Multivariada
	Indicadores que cumprem dos ODSs (Objetivos de Desenvolvimento Sustentável) da ONU (Organização das Nações Unidas)	Seleção dos indicadores e justificativa	Projeto
	Indicadores que cumprem da ABNT de Cidades Inteligentes	Seleção dos indicadores e justificativa	Projeto
	Protótipo funcional	Consolidação do protótipo em funcionamento	Projeto e Eletricidade e Aplicações
	Programa de Controle Embarcado no Microcontrolador	Software de controle funcional para ser embarcado em Arduino	Projeto Modelagem e Controle e Eletricidade e Aplicações
Apresentação final	Integração (Software e Hardware)	Indicação de que todas as entradas e saídas do projeto estão funcionando	Projeto Modelagem e Controle e Eletricidade e Aplicações
	Demonstração	Realizar a demonstração para a audiência de que o protótipo tem capacidade de operar	Projeto Modelagem e Controle e Eletricidade e Aplicações

Comparação entre real e simulado

Apresentar uma comparação entre o protótipo e a simulação

Modelagem e Controle, Cálculo Numérico e Matemática Multivariada

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Qualificação do Projeto

Para viabilizar a caracterização e justificativa do problema e da solução, é essencial que o projeto seja estruturado de maneira adequada, iniciando com uma revisão bibliográfica. Assim, espera-se que os estudantes busquem na literatura acadêmica referências que descrevam problemas semelhantes, possibilitando uma fundamentação teórica robusta para o desenvolvimento do projeto.

Com a correta identificação do problema, diversas ideias emergem para endereçar soluções potenciais. Nesse contexto, uma proposta inicial é formulada e, sob a orientação do professor, detalhada para ser desenvolvida até a fase de prototipagem final. A evolução da ideia é apoiada por ferramentas de modelagem e simulação, com destaque para as Máquinas de Estados Finitos (MEF).

A máquina de estados finitos é um modelo matemático e computacional para o desenvolvimento e análise de sistemas computacionais, baseando-se em seu comportamento (SIPSER, 2007).

Na última etapa da qualificação do projeto, os estudantes são estimulados a indicar quais indicadores da ABNT, (2021) e das ONU, (2023) o projeto pode contribuir. Dentre os indicadores da ONU, destacam-se os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS), conforme Figura 2.

Figura 2 – Objetivos de Desenvolvimento Sustentável.



Fonte: ONU, (2023).

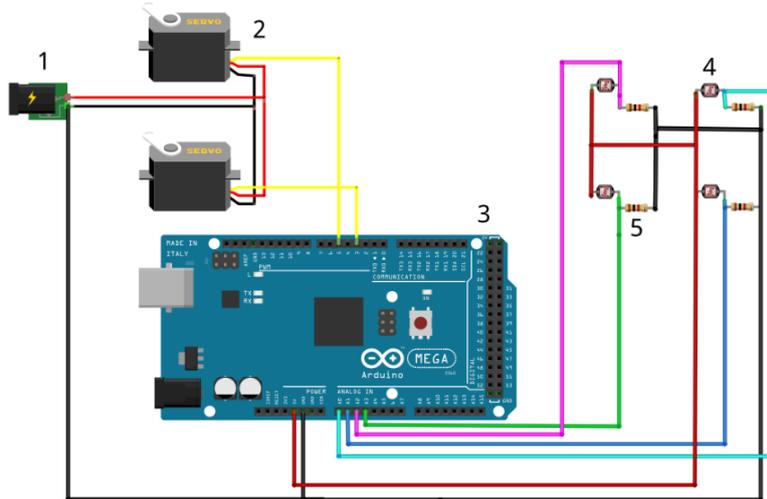
Apresentação Final do Projeto

Para a apresentação final, os estudantes devem concluir a etapa de qualificação. Enquanto a etapa de qualificação se concentra na análise, modelagem e simulação, a etapa final envolve a construção do protótipo. Espera-se que os estudantes desenvolvam o software de controle, normalmente baseado em Arduino, e façam a integração desse software com o hardware. Uma vez que todas as partes do protótipo estejam conectadas, será possível realizar sua demonstração.

3.2 Materiais e Métodos do Estudo de Caso

A Figura 3 apresenta um projeto preliminar do seguidor solar proposto, o qual pode ser entendido como um dispositivo que varia a posição dos painéis fotovoltaicos durante o dia, seguindo o caminho do sol. Os componentes são apresentados na Tabela 2.

Figura 3 - Projeto preliminar do esquema de ligações do seguidor solar



Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Tabela 2 – Componentes do Projeto.

Legenda	Item	Descrição
1	Fonte de energia externa	Fornece tensão e corrente de acordo com a necessidade de um circuito.
2	Micro servo motor	Motores utilizados para diversas aplicações quando o objetivo é movimentar algo de forma precisa e controlada.
3	Arduino Mega	Placa de prototipagem eletrônica de código aberto que permite o desenvolvimento de projetos de automação.
4	Sensor LDR	Foto resistor que possui a capacidade de variar sua resistência de acordo com a intensidade de luz que incide sobre ele.
5	Resistor	que é um componente eletrônico utilizado para limitar o fluxo de corrente elétrica por meio da conversão dela em energia térmica.

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Esse painel fotovoltaico é o componente responsável por realizar a conversão de energia solar em energia elétrica. De forma simples, ele funciona através do efeito fotovoltaico que apresenta o surgimento de uma corrente elétrica dentro da estrutura de um material semicondutor, quando este é exposto às partículas de energia da radiação eletromagnética (luz). Para que o seguidor solar se movimente, é necessário utilizar sensores que detectem a maior incidência solar. Na Literatura, essa medição pode ser feita de várias formas, como por fotodiodos ou por LDR (CORTEZ, 2013; BESSA NETO; VALE; GUERRA, 2020).

O primeiro passo no desenvolvimento do protótipo foi conceber uma estrutura que atendesse aos requisitos de movimentação do eixo duplo proposto. Para obter uma visualização clara do esboço da estrutura, foi realizada uma modelagem do protótipo físico utilizando o software Fusion 360.

Com a estrutura determinada, procedeu-se ao levantamento dos componentes e materiais necessários, listados na Tabela 3, que seriam utilizados na criação do protótipo físico e na parte eletrônica responsável pelo controle do movimento do seguidor solar.

Subseqüentemente, foi montada a parte de hardware, composta por todos os componentes eletrônicos descritos na Tabela 3. Um esquema de ligações foi desenvolvido no software Fritzing, com o objetivo de representar graficamente o circuito e servir como guia para a execução completa da instalação.

Tabela 3 – Materiais utilizados.

QTD.	ITEM
1	Arduino Mega e cabo USB
1	Painel solar fotovoltaico – 6V/1W 180mA
1	Placa MDF 90x60cm 3mm
2	Micro servo motor SG90180°
4	Resistor de 1K Ω
4	LDR sensor de luminosidade
5	Porcas M3
5	Parafusos Philips M3 x 10mm
1	Kit jumper macho-macho 20cm - 10 peças
1	Kit jumper macho-macho 30cm - 20 peças
1	Fonte chaveada 5VDC 2A

Fonte: Elaborada pelos autores (2024).

Além disso, foi realizada a modelagem comportamental do protótipo do seguidor solar, utilizando o desenvolvimento de uma máquina de estados na plataforma Matlab e Simulink, visando compreender melhor cada função do sistema de rastreamento solar.

Após a conclusão das simulações mencionadas, iniciou-se a construção da estrutura física do protótipo. O primeiro passo envolveu o corte da placa MDF de 90x60cm, de acordo com as dimensões indicadas para cada peça constitutiva da estrutura. Em seguida, foram realizados os furos e recortes necessários para o encaixe dos motores e das peças, conforme a simulação no Fusion 360.

Posteriormente, deu-se início à montagem do circuito eletrônico do seguidor solar. Os componentes foram posicionados e as conexões realizadas utilizando jumpers, conforme o esquema desenvolvido no software Fritzing.

Por fim, foi desenvolvida uma programação no software Arduino IDE, implementada na placa Arduino Mega, para assegurar a automação do sistema. Esta programação incorporou toda a lógica desenvolvida na máquina de estados, criada no Matlab e Simulink.

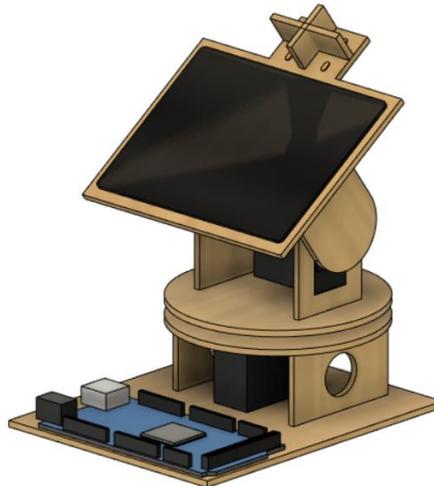
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A modelagem física realizada no software Fusion 360 resultou no modelo apresentado na Figura 4. Concluiu-se que a estrutura mais adequada seria a mostrada na Figura 4, pois ela cumpriria eficientemente sua principal função de garantir o movimento em dois eixos: um vertical e um horizontal. Além disso, a estrutura foi projetada de maneira a otimizar a organização dos componentes utilizados, assegurando o bom funcionamento do sistema.

Além disso, o esquema de ligações desenvolvido no software Fritzing resultou no circuito representado na Figura 1. Conforme as especificações de cada componente utilizado, verificou-se que os motores escolhidos para movimentar os eixos requerem uma

corrente de operação maior do que a suportada pelo Arduino Mega. Para solucionar este problema, decidiu-se alimentar os dois motores com uma fonte externa. Quanto aos sensores, considerou-se o uso de resistores para garantir que os valores de sinal recebidos pelos pinos estivessem dentro dos parâmetros corretos.

Figura 4 - Simulação Fusion 360.



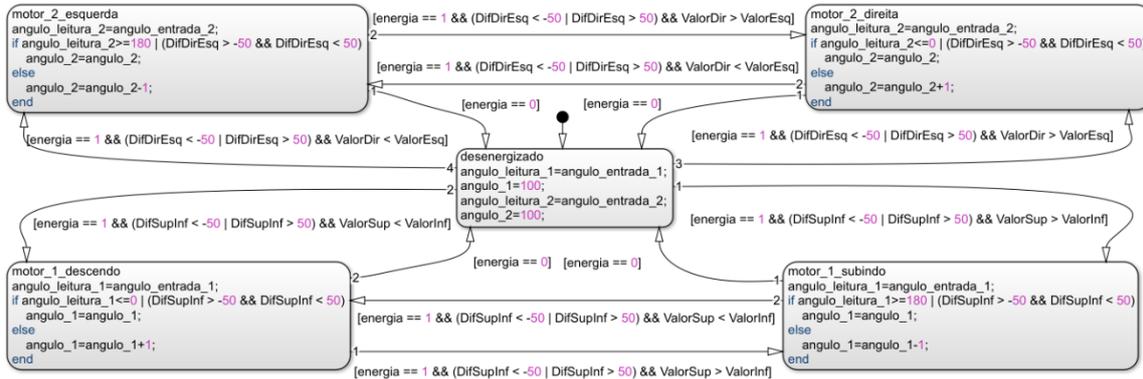
Fonte: Os Autores (2024).

A modelagem comportamental do sistema resultou na máquina de estados representada na Figura 5. Na modelagem desenvolvida no software Matlab e Simulink, foi necessário utilizar linguagem de programação dentro dos estados para modelar corretamente o comportamento do protótipo. As setas representam transições, ou seja, todas as condições que o sistema contempla. As transições neste caso, são acionadas se o sistema estiver alimentado por uma fonte de energia elétrica e pelas medições dos sensores, em relação à posição do Sol.

O controle dos motores será realizado através da comparação dos sensores LDR. Na modelagem, os pares de sensores dispostos na estrutura — direita, esquerda, superior e inferior — foram representados por "ValorDir", "ValorEsq", "ValorSup" e "ValorInf", correspondendo às médias dos valores dos pares de sensores. Adicionalmente, as variáveis "DifSupInf" e "DifDirEsq" foram definidas como as diferenças entre os valores dos pares de sensores de cada posição.

Esse método permitiu alcançar o objetivo de controlar a angulação dos motores por meio da comparação dos sensores LDR, indicando a melhor posição para a incidência solar.

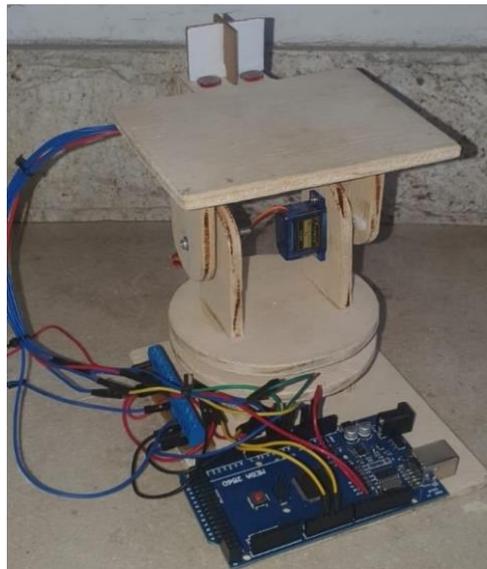
Figura 5 - Modelagem comportamental do sistema.



Fonte: Os Autores (2024).

Com base nas modelagens e simulações descritas, foi possível desenvolver o protótipo real do seguidor solar, apresentado na Figura 6. A partir dos testes realizados no protótipo, constatou-se que os resultados simulados foram alcançados com sucesso. Ao incidir luz sobre os sensores, o sistema compara as leituras e aciona os motores de acordo com a lógica desenvolvida na simulação realizada no software Matlab e Simulink.

Figura 6 - Protótipo real.



Fonte: Os Autores (2024).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desenvolvimento do projeto do seguidor solar no âmbito da metodologia Engenharia 360º mostrou-se eficaz para incentivar o uso de energias renováveis e aprimorar a formação dos estudantes de Engenharia do Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA).

O projeto atendeu aos indicadores de cidades inteligentes estabelecidos pela ABNT e contribuiu para os Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) da ONU, mais especificamente o objetivo sete que trata de energia limpa e sustentável, tendo em vista que diversos países têm buscado formas de produzir energia limpa sem utilizar combustíveis fósseis, demonstrando a viabilidade técnica e a relevância social e ambiental do uso de tecnologias limpas.

As etapas de modelagem comportamental, prototipagem e desenvolvimento de software permitiram uma compreensão detalhada e a implementação eficiente do sistema, resultando em um protótipo funcional que ajusta a posição dos painéis fotovoltaicos para maximizar a captação de energia solar. A integração de ferramentas como Matlab, AutoCad, Fusion e Arduino foi fundamental para a realização deste projeto, que não apenas aprimorou o aprendizado prático dos estudantes, mas também evidenciou a importância da interdisciplinaridade no desenvolvimento de soluções inovadoras para desafios reais.

A partir da comparação realizada entre as simulações e o protótipo real é possível determinar que a solução proposta possui grande potencial pois apresentou os resultados esperados com relação a sua funcionalidade e, com isso, conclui-se que sua aplicabilidade é de grande importância para o conceito de cidades inteligentes.

Assim, conclui-se que a abordagem adotada contribuiu significativamente para a promoção da sustentabilidade urbana, através do incentivo ao uso de energia renovável, e preparou os estudantes para atuarem de forma competente e responsável em suas futuras carreiras.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à OpenCadd pelo fornecimento das licenças do software Matlab/Simulink, necessários para realização da simulação comportamental neste trabalho. Ao Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA) pelo apoio institucional. I.P. Rodrigues agradece à CAPES pelo apoio financeiro (Processo No. 88882.444522/2019-01) durante o doutorado.

REFERÊNCIAS

- ABNT. **Cidades e Comunidades Sustentáveis - Indicadores para Cidades Inteligentes**. 2021.
- BALLESTEROS, M. Á.; SÁNCHEZ, J. S.; RATKOVICH, N.; CRUZ, J. C.; REYES, L. H. Modernizing the chemical engineering curriculum via a student-centered framework that promotes technical, professional, and technology expertise skills: The case of unit operations. **Education for Chemical Engineers**, v. 35, p. 8–21, abr. 2021.
- BESSA NETO, L. J. DE; VALE, M. R. B. G.; GUERRA, F. K. O. M. V. DESENVOLVIMENTO DE RASTREADOR SOLAR DIDÁTICO DE UM EIXO PARA PAINÉIS FOTOVOLTAICOS. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENERGIA SOLAR, 2020, Mossoró. **Anais...** Mossoró: UFERSA, 2020. Disponível em: <<https://anaiscbens.emnuvens.com.br/cbens/article/view/1032>>
- CHI, M. T. H.; WYLIE, R. The ICAP Framework: Linking Cognitive Engagement to Active Learning Outcomes. **Educational Psychologist**, v. 49, n. 4, p. 219–243, 2 out. 2014.
- CORTEZ, R. J. M. **Sistema de seguimento solar em produção de energia fotovoltaica**. 2013. Tese de Mestrado Integrado—Porto: Universidade do Porto, 2013. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/72632>>. Acesso em: 20 maio. 2024. Acesso em:

GOMEZ-DEL RIO, T.; RODRIGUEZ, J. Design and assessment of a project-based learning in a laboratory for integrating knowledge and improving engineering design skills. **Education for Chemical Engineers**, v. 40, p. 17–28, jul. 2022.

KLINLAMPU, C.; CHIMPRANG, N.; SIRISRISAKULCHAI, J. The sufficient level of growth in renewable energy generation for coal demand reduction. **Energy Reports**, v. 9, p. 843–849, out. 2023.

ONU. **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável | As Nações Unidas no Brasil**. Disponível em: <<https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>>. Acesso em: 8 fev. 2024.

RIBEIRO, S. C.; PRADO, P. P. L. DO; GONÇALVES, J. B. Projeto e Desenvolvimento de um Rastreador Solar para Painéis Fotovoltaicos. In: SIMPÓSIO DE EXCELÊNCIA EM GESTÃO E TECNOLOGIA, 9, 2012, Resende. **Anais...** Resende: AEDB, 2012. Disponível em: <<https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos12/57116695.pdf>>. Acesso em: 20 maio. 2024

RODRIGUES, G. A.; LIMA DOS SANTOS, B.; GABRIEL DOS SANTOS DIAS MOURA MATOS, J.; LUCAS RODRIGUES, A.; RAMOS DANIEL DA SILVA, M.; PINTO RODRIGUES, I.; CLAUDIA DE ALMEIDA CARDINOT, A.; GRISOL DA CRUZ NOBRE, S.; ANDRADE DE ARAÚJO, J.; FRAGA RODRIGUES, E. UMA PROPOSTA PARA UTILIZAÇÃO DE ESCÓRIA DE ACIARIA LD EM ARTEFATOS DE CONCRETO - UMA EXPERIÊNCIA COM A ABORDAGEM DE APRENDIZAGEM BASEADA EM PROJETO. In: Proceedings of the 51 Brazilian Congress of Engineering Education, 2023, **Anais...** Associação Brasileira de Educação em Engenharia, 2023

SIPSER, M. **Introdução à Teoria da Computação**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2007. 488 p.

VANATTA, M.; CRAIG, M. T.; RATHOD, B.; FLOREZ, J.; BROMLEY-DULFANO, I.; SMITH, D. The costs of replacing coal plant jobs with local instead of distant wind and solar jobs across the United States. **iScience**, v. 25, n. 8, p. 104817, ago. 2022.

SMART CITIES: PROMOTING THE USE OF RENEWABLE ENERGIES THROUGH THE DEVELOPMENT OF A SOLAR TRACKER PROTOTYPE

Abstract: *The growing need for sustainable solutions for cities motivated the Centro Universitário de Volta Redonda (UniFOA) to adopt the 360° Engineering methodology, challenging students to develop real projects to promote the use of renewable energies, especially solar energy, aiming to reduce greenhouse gas emissions. The problem addressed was the creation of a solar tracking system to maximize the capture of photovoltaic energy. To solve this problem, the students used the PjBL (Project-Based Learning) methodology and integrated tools such as Matlab, AutoCad, Fusion, and Arduino to model and prototype a dual-axis solar tracker. The results showed that, in addition to supporting the students' training for future work in the energy market, the project also meets the ABNT indicators for smart cities and contributes to the United Nations Sustainable Development Goals (SDGs), proving its technical feasibility and positive impact on urban sustainability.*

Keywords: *Smart Cities, Renewable Energies, Solar Tracker, Urban Sustainability, Project-Based Learning*

