

# **CONSTRUÇÃO E TESTES DE FOGÕES SOLARES COM MATERIAIS RECICLÁVEIS - ENSINO DE ENERGIA RENOVÁVEL BASEADO EM APRENDIZAGEM ATIVA**

**Emerson Torres Aguiar Gomes** (UFPE) - etagomes@hotmail.com

**Élida Fernanda Xavier Júlio** (UFRPE) - elida.julio@ufrpe.br

**Cluyverth William Albuquerque Pereira** (UFRPE - UACSA) - contatocluyverth@gmail.com

**William Robson do Nascimento Gouveia** (UFRPE) - wrng24@gmail.com

**João Paulo dos Santos Pereira** (UFRPE) - joaopaulop178@gmail.com

**Felipe César Frazão Correia** (Instituição - a informar) - f.elipe.frazaof79@gmail.com

## **Resumo:**

*O artigo retrata a concepção, construção e testes de fogões solares baseados em aprendizagem ativa de energia solar. O projeto foi elaborado por alunos do primeiro ano de engenharia elétrica da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) visando ampliar conhecimentos da área de sustentabilidade e engenharia de energia de forma prática. Neste contexto, foram trabalhados conceitos relacionados à aprendizagem ativa associados à fundamentação de conceitos relacionados à energia solar. O processo de ensino-aprendizagem tem como justificativa inicial o conhecimento da finitude e da, já atual, escassez de combustíveis fósseis, somada à necessidade por recursos energéticos. A geração de energia a partir de fontes não combustíveis mostra-se como o caminho por onde devem ser direcionadas as pesquisas e os esforços da comunidade acadêmica. O Brasil, mais especificamente a Região Nordeste, por ter uma localização próxima à linha do equador, apresenta características extremamente favoráveis ao uso da radiação solar como fonte de energia. O processo de ensino de energias renováveis baseia-se em aprendizagem ativa por meio do projeto de construção de fogão solar com uso de materiais recicláveis e/ou reaproveitados por alunos do primeiro ano de engenharia eletrônica da UFRPE. Como resultado do projeto temos dois fogões solares construídos a um custo de cerca de R\$130,00 cada. Um dos fogões solares construídos possibilitou fritar ovo em 5 minutos, assar carne de sol em 55 minutos e frango em 45 minutos, foi alcançada a temperatura de 230°C ao se colocar o termômetro no foco do concentrador. Os testes ocorreram em um dia de céu parcialmente nublado na cidade do Cabo de Santo Agostinho-PE.*

**Palavras-chave:** *Fogão solar, Aprendizagem ativa, Ensino de Energia*

**Área temática:** *Mercado, economia, política e aspectos sociais*

**Subárea temática:** *Educação e capacitação em energias renováveis*

# CONSTRUÇÃO E TESTES DE FOGÕES SOLARES COM MATERIAIS RECICLÁVEIS – ENSINO DE ENERGIA RENOVÁVEL BASEADO EM APRENDIZAGEM ATIVA

**Emerson Torres Aguiar Gomes** – etagomes@hotmail.com  
**Élida Fernanda Xavier Júlio** – elida.julio@ufrpe.br  
**Cluyverth William Albuquerque Pereira** - contatocluyverth@gmail.com  
**William Robson do Nascimento Gouveia** - wrng24@gmail.com  
**João Paulo dos Santos Pereira** - joaopaulop178@gmail.com  
**Felipe César Frazão Correia** - f.elipe.frazaof79@gmail.com  
Universidade Federal Rural de Pernambuco - UFRPE,  
Unidade Acadêmica do Cabo de Santo Agostinho - UACSA

**Resumo.** *O artigo retrata a concepção, construção e testes de fogões solares baseados em aprendizagem ativa de energia solar. O projeto foi elaborado por alunos do primeiro ano de engenharia elétrica da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE) visando ampliar conhecimentos da área de sustentabilidade e engenharia de energia de forma prática. Neste contexto, foram trabalhados conceitos relacionados à aprendizagem ativa associados à fundamentação de conceitos relacionados à energia solar. O processo de ensino-aprendizagem tem como justificativa inicial o conhecimento da finitude e da, já atual, escassez de combustíveis fósseis, somada à necessidade por recursos energéticos. A geração de energia a partir de fontes não combustíveis mostra-se como o caminho por onde devem ser direcionadas as pesquisas e os esforços da comunidade acadêmica. O Brasil, mais especificamente a Região Nordeste, por ter uma localização próxima à linha do equador, apresenta características extremamente favoráveis ao uso da radiação solar como fonte de energia. O processo de ensino de energias renováveis baseia-se em aprendizagem ativa por meio do projeto de construção de fogão solar com uso de materiais recicláveis e/ou reaproveitados por alunos do primeiro ano de engenharia eletrônica da UFRPE. Como resultado do projeto temos dois fogões solares construídos a um custo de cerca de R\$130,00 cada. Um dos fogões solares construídos possibilitou fritar ovo em 5 minutos, assar carne de sol em 55 minutos e frango em 45 minutos, foi alcançada a temperatura de 230°C ao se colocar o termômetro no foco do concentrador. Os testes ocorreram em um dia de céu parcialmente nublado na cidade do Cabo de Santo Agostinho-PE.*

**Palavras-chave:** *Fogão solar, Aprendizagem ativa, Ensino de Energia*

## 1. INTRODUÇÃO

A construção de conhecimento na área de energia solar em alunos do início do bacharelado em Engenharia é sempre um desafio. A abordagem inicial da energia solar deu-se por proposta de projeto interdisciplinar para a da geração de energia e soluções baseadas na sustentabilidade ambiental e financeira de alternativas para redução da emissão de gás carbônico na atmosfera. Neste contexto, o projeto proposto para alunos do primeiro ano do curso foi a construção de um fogão solar. Esta estratégia de abordagem no ensino da energia solar por meio de aprendizagem ativa visa não apenas tornar mais natural a construção do conhecimento e buscar sensibilizar o aluno para aspectos relacionados à sustentabilidade e ao papel social do engenheiro, como também auxilia na redução da evasão dos cursos de graduação em engenharia, que chega a percentuais superiores a 45% nos primeiros anos de curso (Freitas *et al.*, 2016). Segundo o Instituto Nacional de Estudos e Pesquisas Educacionais Anísio Teixeira (INEP), enquanto o Brasil forma cerca de 40 mil engenheiros por ano, a Rússia, a Índia e a China formam 190 mil, 220 mil e 650 mil, respectivamente. Assim, torna-se mister a inserção de disciplinas que abordem temas tão importantes como a energia solar desde os primeiros períodos de curso por meio de aprendizagem voltada a projetos, de forma que ao final do período há um produto produzido pelo aluno e sua respectiva equipe de trabalho. Neste contexto, a Universidade Federal Rural de Pernambuco, propôs a inserção na sua matriz curricular disciplinas como Tópicos 1 e Tópicos 2 nos seus cursos de engenharia para os 2 primeiros semestres letivos.

As disciplinas de Tópicos 1 e Tópicos 2 têm em suas ementas conceitos como o papel do engenheiro na sociedade, formas organizacionais das empresas, conceitos de gerenciamento de projeto, liderança, trabalho em equipe a serem trabalhados por propostas de projetos interdisciplinares baseados em aprendizagem ativa (Bergmann e Sams, 2016), sendo conduzidos ao longo de do semestre letivo. Inicialmente, a turma foi dividida em grupos de 4 a 6 integrantes e foram discutidos por todos os possíveis temas para o projeto de aprendizagem ativa. Dentre os projetos propostos para se trabalhar pelos grupos aquele escolhido foi o de construir fogão solar com o objetivo de utilizar a abundante radiação solar na região nordeste para atender demanda de comunidades carentes por soluções que minimizem seus gastos, sendo sustentáveis. A seguir são descritos conceitos básicos de concentração solar que fundamentaram as pesquisas e os projetos elaborados por alunos do primeiro ano do curso de Engenharia Eletrônica.

O Brasil, mais especificamente a Região Nordeste, por ter uma localização próxima à linha do equador, apresenta características extremamente favoráveis ao uso da radiação solar como fonte de energia. O uso de fontes alternativas de energia é fundamental para o país, que tem em sua matriz energética cerca de 65% proveniente de hidrelétricas (EPE, 2018) e conseqüentemente, dependente do regime de chuvas. Quando se trata de concentração solar térmica, busca-se elevar a coleção de radiação nos coletores para que seja alcançado aumento na temperatura. Uma das formas de se elevar a temperatura é maximizando o produto concentração geométrica e eficiência ótica do sistema, tendo-se assim o conceito de concentração efetiva ou de fluxo.

Aumento da concentração solar torna-se imprescindível quando se deseja obter elevadas temperaturas e melhoria na eficiência térmica (Rabl, 1985). A concentração solar relaciona a área da abertura do concentrador ( $A_{Ap}$ ) com a área da superfície absorvedora ( $A_{Abs}$ ) (Eq. 1).

$$C = C_{geom} = \frac{A_{Ap}}{A_{Abs}} \quad (1)$$

Cumprindo a primeira e segunda leis da Termodinâmica que tratam da conservação da energia e do fluxo natural do calor que sai de um corpo com temperatura maior para outro com temperatura menor (Rabl, 1985) temos a concentração ideal para concentradores bidimensionais baseada nesse limite termodinâmico (Eq. 2):

$$C_{ideal2D} = \frac{1}{\sin\theta_s} \quad (2)$$

Já para o disco parabólico, considera-se concentração em 3 dimensões, obtendo-se a concentração ideal como a descrita na Eq. (3).

$$C_{ideal3D} = \frac{1}{(\sin\theta_s)^2} \quad (3)$$

Onde ( $\theta_s$ ) é o semiângulo de abertura do cone solar, valendo aproximadamente 4,65mrad.

A concentração ideal para concentradores em 2 dimensões é de cerca de 215 vezes a radiação solar e para 3 dimensões a concentração ideal atinge 45 mil sóis. Contudo, apenas uma pequena parte da radiação coletada é absorvida. Assim, para se alcançar elevadas temperaturas com coletores solares, além da relação de áreas, deve-se buscar elevar o fator de interceptação ( $\gamma$ ) de feixes que chegam ao absorvedor após atingirem o coletor. Assim, a concentração efetiva (Gomes, 2019) que atinge um absorvedor é fornecida pela Eq. (4).

$$C_{efetiva} = \frac{A_{Ap}}{A_{Abs}} \cdot \gamma \quad (4)$$

Onde  $\gamma$  é o fator de interceptação, ou seja é a razão entre os feixes de radiação que chegam ao coletor e os feixes que atingem o coletor, sendo menor que 1.

Considerando sistemas concentradores solares de baixas temperaturas, como é o caso de fogões solares, buscam-se sistemas de fácil implementação, de baixo custo para viabilizar o seu custeio pelos alunos de graduação e seu uso em comunidades carentes. Nesse contexto, foram trabalhados em termos educacionais a importância da sustentabilidade, utilização de materiais não combustíveis para geração de energia que sejam de baixo custo e que utilizem materiais recicláveis para atender a uma demanda social. A substituição do fogão a lenha por fogões solares, reduziria a emissão de CO<sub>2</sub>, reduzindo o percentual de 27,2% de uso de lenha na matriz energética brasileira. A utilização de fogões solares por 30% da população brasileira reduziria anualmente a queima de 5,37 milhões de metros cúbicos de lenha (LION, 2013).

A região Nordeste, historicamente assolada pela seca, por temperaturas elevadas e baixos Índices de Desenvolvimento Humano (IDH) é o local propício para utilização massiva de energia solar que não está necessariamente associada à geração fotovoltaica como alguns pensam. Muitas vezes soluções para melhorar a qualidade de vida do nordestino está no uso de soluções heliotérmicas de temperatura não tão elevada, como é o caso de fogão solar.

O primeiro fogão solar foi criado pelo naturalista francês Horace de Saussure em 1767, seu modelo proposto era do tipo caixa com madeira de pinho e cobertura de lã. Em 1860, Mouchot desenvolveu o fogão solar por meio do uso de refletores solares curvados, concentrando seus raios em uma panela. Desde então, muitos modelos foram propostos e utilizados em países em desenvolvimento para reduzir a pobreza da população. No Brasil, o estudo e desenvolvimento dos primeiros fogões solares ocorreu na Paraíba na década de 1980, sendo utilizados paraboloídes de superfície refletora. (Lion, 2007). Há basicamente 2 tipos de fogões solares:

- Tipo Caixa – em que há refletores externos e que realizam o cozimento do produto, cuja temperatura é mantida por confinamento da radiação por meio de tampas de vidro;
- Tipo concentrador– em que utiliza-se espelhos com formato de parábola por elas terem, em raios vindo do infinito, foco em um único ponto.

Os fogões de maior eficiência historicamente são os fogões do tipo concentrador pois atingem temperaturas superiores aos do tipo caixa, podendo não apenas cozinhar alimentos, como também assar e fritar face à elevada temperatura alcançada (Souza, 2014). Assim, o artigo trata da comparação de dois fogões do tipo concentrador, sendo o primeiro que faz uso de um único disco parabólico e o segundo contendo 2 espelhos parabólicos. Com a educação e capacitação em energia solar para a construção de fogões solares abordada em sala, busca-se integrar o aluno com conceitos de energia renovável em projetos práticos desde o início do curso, o que aumenta o interesse do aluno pelo curso, reduzindo a evasão escolar. Baseado na aprendizagem ativa trabalhada em sala de aula, foram propostos, desenvolvidos e testados 2 modelos de fogão solar cujos resultados foram comparados neste artigo. Os modelos de fogão solar foram desenvolvidos pelos alunos sob a orientação do professor ao longo do semestre letivo, levando-se em consideração: interdisciplinaridade, conceitos básicos de energia solar, mecânica e física, bem como os conceitos de aspecto comportamental como liderança para trabalho em equipe e gerenciamento de projetos. A metodologia adotada em sala para a construção desses protótipos de fogão solar são apresentadas na próxima seção do artigo.

## 2. MATERIAIS E MÉTODOS

### 2.1 Fogão tipo concentrador solar parabólico com foco único

A pesquisa partiu do estudo de soluções já adotadas em fogões solares com temperaturas mais elevadas como as encontradas no fogão solar do tipo concentrador parabólico de foco único (Fig. 1) e observar suas características.



Figura 1 – Fogão solar do concentrador parabólico de foco único  
Fonte: (Souza, 2014)

Esta estrutura de cocção analisada na bibliografia apresentou temperaturas elevadas o suficiente para viabilizar a substituição do fogão a lenha com alto impacto ambiental por um fogão solar. Assim, este tipo de estrutura foi construída por alunos no projeto de aprendizagem ativa para verificação de tempos de cocção.

Após a identificação da estruturas a ser utilizada para o fogão solar com concentrador parabólico de foco único, a etapa seguinte foi a escolha de materiais e definição de materiais para a sua construção (Fig. 2).

Para a construção do fogão solar de concentrador parabólico de foco único, foram utilizados espelhos cortados em formato de quadrado com 3,5cm de lado. Para que sua aderência ficasse ideal, foi utilizada cola de silicone para a devida aderência dos espelhos ao disco parabólico. O disco parabólico utilizado foi retirado de uma antena parabólica comercializada em lojas de telecomunicações, tendo o tamanho de 70cm de diâmetro. Para a cobertura de toda a superfície da antena, que será o coletor do fogão solar, foram utilizados 234 espelhos. Para sustentação, foram utilizados 2 tubos de ferro galvanizado com 6m de comprimento e de diâmetros de 21mm e 42mm cada, tendo sido cortados em comprimento de 1m. Esses tubos galvanizados formam a base do fogão, bem como são essenciais para a sustentação do coletor em formato parabólico e da barra onde foi acoplada uma corrente para disposição da panela de cozimento no foco do sistema heliotérmico. As dimensões do disco parabólico utilizado como coletor do fogão solar foram escolhidas visando dar uma maior praticidade de deslocamento do fogão, sem comprometer o processo de cocção.

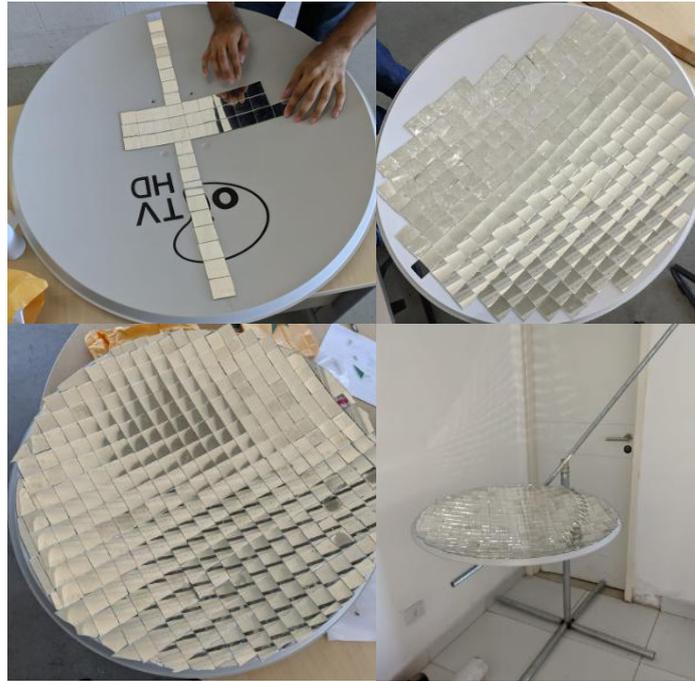


Figura 2 – Fotos do processo de montagem e colagem dos espelhos em uma antena parabólica e montagem da estrutura de suporte do fogão concentrador de foco único. Fonte: o autor

A estrutura completa construída do fogão solar de foco único passou então por testes de cocção (Fig. 3).



Figura 3 – Fogão solar de espelho parabólico com foco único construído. Fonte: o autor.

## 2.2 Fogão tipo concentrador solar com duplo espelho parabólico

Outro grupo de alunos, desenvolveu o fogão solar baseado na utilização de materiais recicláveis. Este grupo buscou construir um fogão com eficiência na cocção, mas com custo mínimo. A estrutura proposta também busca inovar com a utilização de 2 coletores de formato parabólico com 60cm de diâmetro cada, de forma que ambos os focos apontem para a panela do nosso fogão. Após a definição da estrutura proposta para o fogão solar, foram realizadas as buscas por materiais de baixo custo, preferencialmente reutilizados e recicláveis para a construção do fogão. Foram utilizados 6 metros lineares de madeira de pinho a um custo total de R\$22,00. A etapa seguinte foi esboçar o protótipo (Fig. 4).

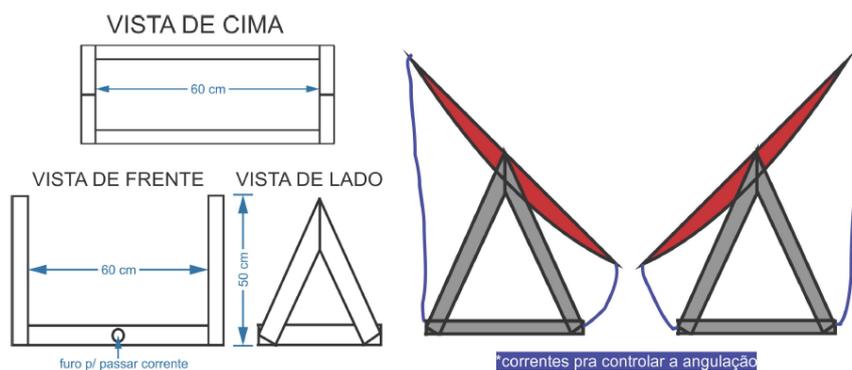


Figura 4 – Esquemático do fogão solar com 2 coletores parabólicos. Fonte: o autor

Foram então adquiridos espelhos de diferentes cortes, tamanhos e formatos em uma vidraçaria. Como tratavam-se de refugo de outros cortes, tiveram um custo de R\$15,00 para a cobertura de antenas adquiridas também em uma loja de eletrônica ao custo unitário de R\$25,00. Os demais itens utilizados na construção do fogão solar foram: abraçadeira, cola de silicone, parafusos, estopa, thinner e parafusos. O custo total dispendido neste projeto foi de R\$130,00 e as etapas de construção iniciaram-se com a construção da estrutura de madeira para suporte dos espelhos, barras de ferro para conectar os dois coletores solares e em seguida os espelhos foram colados na antena coletora e esta foi afixada na base do fogão (Fig. 5).



Figura 5 – Processo construtivo do fogão solar de duplo espelho parabólico. Fonte: o Autor.

Após construídos os 2 fogões de concentração solar com concepções ópticas e estrutura distintas, a etapa seguinte do processo de aprendizagem ativa foi a de realização de testes, de forma que foram realizados testes de temperatura em diversos momentos do dia, bem como testes de cocção de diferentes tipos de alimentos. Os testes dos dois fogões encontram-se descritos na seção seguinte.

### 3. RESULTADOS

Concluídas as construções dos dois modelos de fogão propostos: o de concentrador parabólico de foco único e o de duplo espelho parabólico, os testes se iniciaram com o uso de panelas comuns como as que serão encontradas em comunidades carentes, onde os fogões virão a ser utilizados. Assim, foram realizados, com ambos os fogões, testes de medição do tempo de cocção e de temperatura da panela e da água, nas dependências da UFRPE campus Cabo de Santo Agostinho-PE. O campus da universidade fica localizado na mata sul do da região metropolitana de Recife, cuja latitude é  $8^{\circ} 17' 15''$  e longitude  $35^{\circ} 2' 7''$  Oeste. A radiação média mensal na região do Cabo de Santo Agostinho é de  $5,25 \text{ KWh/m}^2 \cdot \text{dia}$  (Tab. 1), o que é bastante superior às médias de radiação de outros locais do Brasil, como por exemplo as médias de Porto Alegre, São Paulo e Rio de Janeiro que valem respectivamente  $4,43$ ,  $4,45$  e  $4,73 \text{ KWh/m}^2 \cdot \text{dia}$  (Cresesb, 2018). Os testes de cocção em ambos os fogões foram realizados no mês de novembro de 2019 entre 10h e 14h hora local.

Durante os testes do fogão solar, foram analisados e comparados pelos alunos os valores de radiação em diversas regiões do Brasil e do mundo, o que propiciou a eles o entendimento do potencial energético do Brasil e mais especificamente da região Nordeste, pródiga em radiação solar. Assim, os alunos puderam compreender a importância da energia solar para redução de desigualdades sociais em soluções que melhorar o dia a dia de população carente do sertão do estado de Pernambuco.

Tabela 1 – Radiação média mensal no Cabo de Santo Agostinho. Fonte: Cresesb, 2018.

Mês	Radiação média mensal (kWh/m <sup>2</sup> .dia)
Janeiro	5,69
Fevereiro	5,81
Março	5,81
Abril	5,10
Mai	4,38
Junho	4,09
Julho	4,17
Agosto	4,85
Setembro	5,42
Outubro	5,73
Novembro	5,97
Dezembro	6,02
média	5,25

O processo de obtenção de resultados deu-se de forma simultânea com os 2 fogões, tendo como etapa inicial dos testes de temperatura e medição de tempo de cozimento de cada alimento que ocorreu em um dia nublado no mês de novembro de 2019 (Tab. 2).

Tabela 2 – Temperatura alcançada no interior da panela ao longo de períodos do dia. Fonte: o autor.

Horário de medição	Fogão Foco único - Temperatura alcançada no interior da panela (°C)	Fogão duplo espelho - Temperatura alcançada no interior da panela (°C)	Alimento
12h15	82,50	95,90	Frango
12h35	80,20	70,80	Frango
12h50	79,90	68,00	Frango
13h05	56,20	60,90	Carne de Sol
13h20	58,90	65,20	Carne de Sol
13h35	48,70	50,20	Carne de Sol

Como é possível observar, chegou-se a temperaturas bastante elevadas ao longo de todo o período em que os testes ocorreram, chegando a um pico de temperatura na faixa de 12h15. Lembrando-se que em função de a cidade do Cabo de Santo Agostinho-PE localizar-se à leste da referência de fuso horário que é Brasília, o meio dia solar dá-se por volta de 11h20min hora de Brasília (GMT-3).

A etapa seguinte foi realizar testes aferindo o tempo para a cocção de diferentes alimentos em ambos os fogões de forma simultânea em (Fig. 6). Foi medida a temperatura no fundo da panela em diversos momentos chegou a 230°C, como pode ser observado por meio da Figura 6.



Figura 6 – Cocção e medição de temperatura dos fogões solares. Fonte: o Autor.

Foram colocados no fogão solar alimentos como ovos, carne, frango, verdura durante o intervalo de 10h às 14h hora local (Tab. 3).

Tabela 3 – Tempo de cocção de diversos alimentos nos fogões com foco único e de duplo espelho. Fonte: o autor.

Item preparado	Quantidade	Tempo preparo - Fogão Foco único	Tempo preparo - Fogão duplo espelho
água para café	500ml	5min	8min
batata doce	250g	50min	60min
ovo	2 unidades	9min	13min
Queijo coalho	300g	12min	15min
carne de sol	100g	50min	60min
Frango	100g	45min	50min

#### 4. CONCLUSÃO

O artigo apresentou o projeto de aprendizagem ativa de alunos do primeiro ano do curso de Engenharia Eletrônica em que a sala foi dividida em 2 grupos responsáveis por desenvolver projetos relacionados à sustentabilidade energética, considerando uso de materiais recicláveis. O projeto desenvolvido ao longo do semestre foi a construção e testes de um fogão solar em cada grupo. Para a construção do fogão solar, foram abordados em sala de aula conceitos de concentração solar térmica, fator de interceptação, radiação solar, intermitência da radiação solar aplicados na prática. Além desses conceitos fundamentais para o conhecimento das ciências e mais especificamente como aprendizado introdutório à engenharia de energia renovável, foi possível construir conhecimentos em gerenciamento de projetos com escopo, prazo, custo e tempo de execução, desenvolver habilidades de comunicação, liderança e capacidade de trabalho em equipe, tão necessários na formação do engenheiro.

Como resultados práticos, foi possível obter, como resultado do projeto interdisciplinar, a construção e testes de 2 fogões com características distintas: um fogão com fogo único e que utiliza apenas um espelho parabólico e outro com duplo refletor parabólico sendo construído apenas com material reciclável e tendo um custo de apenas R\$130,00.

Os resultados alcançados mostraram que é possível utilizar o fogão solar com material reciclável a um baixo custo por meio de 2 modelos distintos com resultados bastante razoáveis para cocção de alimentos como carne de sol, frango e ovo com tempos de preparo mínimo obtido de respectivamente 50, 45 e 9 minutos.

Ao final do projeto de aprendizagem ativa, foi possível consolidar conhecimentos em energia solar e sustentabilidade, bem como a importância de se propor soluções para o nordestino utilizar materiais não combustíveis em substituição à lenha e ao gás. Isso oportunizou o ensino da energia renovável de forma prática, produzindo um projeto que pode ser aplicado à extensão ao se implantar em uma comunidade carente do entorno da universidade.

Como oportunidades de melhoria do projeto, propõe-se desenvolver um rastreador solar controlável por servo-motor e dispositivo celular por meio de programação em arduino, tornando ainda mais prático o processo de cocção sem utilização de combustível, evitando assim, quando implantado em larga escala, a emissão de milhares de toneladas de CO<sup>2</sup> na atmosfera.

#### REFERÊNCIAS

- Bergmann, J. & Sams, A., 2016. Sala de aula invertida – uma metodologia de aprendizagem ativa, LTC 167p.
- Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito -CRESESB, Taxa de irradiação mensal no município do Cabo de Santo Agostinho, 2018. Disponível em: <http://www.cresesb.cepel.br>. Acesso em: 30 de outubro 2019.
- EPE, 2018. Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2018: ano base 2017, Rio de Janeiro: EPE, 2018, 294p., 2018.
- Freitas, B. A., Costa, E. C. A. C., Costa, C. P., 2016. Fatores da evasão discente no curso de engenharia civil da Universidade Estadual da Paraíba. Congresso Brasileiro de Educação em Engenharia, 2016.
- Gomes, E. T. A., 2019. Modelo e desempenho de concentrador solar aplanático com absorvedor cilíndrico – aplicação em sistemas solares térmicos, Tese de doutorado no Programa de Tecnologias Energéticas e Nucleares, Universidade Federal de Pernambuco (2019).
- Lion, C. A. P. Q. F., 2013. Desenvolvimento de compósito a partir da piaçava para construção de uma parábola de fogão solar. Tese de Doutorado em Engenharia de Materiais, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2013.

- Lion, C. A. P. Q. F., 2007. Construção e análise de desempenho de um fogão solar à concentração utilizando dois focos para cozimento direto. 92p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2007.
- Queiroz, W. F., 2005. Construção de um fogão solar à concentração para cozimento direto e indireto. 87p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2005.
- Rabl, A., 1985. Active Solar Collectors and Their Applications, 2ª Edição, pp. 125-155. Oxford University Press. New York.
- Souza, R. F., 2014. Viabilidade de uso de um fogão solar para cocção de alimentos com parábola refletora fabricada em compósito que utiliza fibras de carnaúba e resina ortoftálica, 78p. Dissertação de Mestrado em Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2014.

## **CONSTRUCTION AND TESTING OF SOLAR COOKERS WITH RECYCLABLE MATERIALS - RENEWABLE ENERGY TEACHING BASED ON ACTIVE LEARNING**

**Abstract.** *The article portrays the design, construction and testing of solar cookers based on project based learning (PBL) of solar energy. The project was designed by first year students of electrical engineering at the Federal Rural University of Pernambuco (UFRPE) in order to broaden knowledge of sustainability and energy engineering in a practical way. In this context, concepts related to project based learning were associated with the foundation of concepts related to solar energy. The teaching-learning process has as its initial justification the knowledge of the finitude and the current scarcity of fossil fuels, added to the need for energy resources. Generation of energy from non-combustible sources is the way in which research and efforts by the academic community should be directed. Brazil, more specifically the Northeast Region, due to its location near the equator line, presents extremely favorable characteristics for the use of solar radiation as a source of energy. The process of teaching renewable energy is based on active learning through the project of building a solar cooker using recyclable and/or reused materials by students of the first year of electronic engineering at UFRPE. As a result of the project we have two solar cookers built at a cost of about R\$130.00 each. One of the built-in solar cookers made it possible to fry eggs in 9 minutes, roast meat in 55 minutes and chicken in 45 minutes, reaching a temperature of 230°C by placing the thermometer in the focus of the concentrator. The tests took place on a cloudy day in Cabo de Santo Agostinho-PE.*

**Keywords:** *Solar cooker, Project based learning, Energy education*