



**JÚLIA VERONEZ ETIENNE ARREGUY**

**FORNO SOLAR A PARTIR DE MATERIAIS RECICLÁVEIS**

**INCONFIDENTES - MG**

**2013**

**JÚLIA VERONEZ ETIENNE ARREGUY**

**FORNO SOLAR A PARTIR DE MATERIAIS RECICLÁVEIS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como pré-requisito de conclusão do curso de Graduação Tecnológico em Gestão Ambiental no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Campus Inconfidentes, para obtenção do título de Tecnólogo em Gestão Ambiental.

**Orientador: Marcos Caldeira Ribeiro**

**INCONFIDENTES-MG  
2013**

**JÚLIA VERONEZ ETIENNE ARREGUY**

**FORNO SOLAR A PARTIR DE MATERIAIS RECICLÁVEIS**

**Data de aprovação: \_\_\_ de \_\_\_\_\_ 2013**

---

**Marcos Caldeira Ribeiro, D.Sc. (IFSULDEMINAS Campus Inconfidentes)**

---

**Rodrigo Palomo de Oliveira, M.Sc (IFSULDEMINAS Campus  
Inconfidentes)**

---

**Walter Fonseca, Eng. Florestal (Secretaria do Meio Ambiente – Prefeitura  
de Ouro Fino/MG)**

## **DEDICO**

A todas aquelas pessoas que estiveram ao meu lado me apoiando e incentivando durante toda esta jornada que é a faculdade. Em especial minha avó Rita Ferraz Veronez que me ensinou desde pequena a importância da humildade e ao meu avô Victor Etienne Arreguy, o qual foi minha maior fonte de inspiração nestes últimos anos, apesar de ambos não estarem mais presente. Dedico também aos meus pais Mário e Stela que tanto amo.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus, pelo dom da vida, pelas portas abertas e pelas pessoas incríveis que colocou no meu caminho e se tornaram amigos, amigos que vou levar sempre comigo e me proporcionaram ótimas lembranças na faculdade.

Agradeço de todo coração aos meus queridos professores, que souberam puxar a orelha e ao mesmo tempo estenderam as mãos.

Agradeço aquele apoio das pessoas ausentes, que mesmo na distância deram a importância de sempre me mandar seus incentivos e me ajudar sempre que necessário.

Finalizo agradecendo a todos que bem me quiseram e aos que não me quiseram tão bem assim, como dizia um sábio professor “Não se pode agradar a gregos e troianos”.  
Obrigada.

Quando querem transformar  
Dignidade em doença  
Quando querem transformar  
Inteligência em traição  
Quando querem transformar  
Estupidez em recompensa  
Quando querem transformar  
Esperança em maldição:  
É o bem contra o mal  
E você de que lado está?

*Renato Russo*

## SUMÁRIO

RESUMO .....	10
ABSTRACT .....	11
1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVO E RELEVÂNCIA DO TRABALHO.....	14
2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS .....	14
3. REVISÃO LITERÁRIA.....	15
3.1 O Efeito Estufa .....	16
3.2 Energias Renováveis.....	17
3.3 Potencial do Brasil para utilização do forno solar.....	18
3.4 Temperatura no foco do sistema.....	19
3.5 Países que aderiram ao forno solar .....	20
3.6 Vantagens do forno solar .....	20
3.7 Vantagens para o meio ambiente .....	21
3.8 Desvantagens do forno solar.....	22
3.9 Prêmio com Forno Solar.....	22
4. MATERIAL E MÉTODOS .....	24
4.1 Local de realização do experimento .....	24
4.2 Funcionamento do forno solar .....	24
4.3 Materiais Utilizados.....	26
4.4 Confeção Parte Interna do Forno .....	27
4.5 Confeção da Parte Externa do Forno .....	31
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	37
6. CONCLUSÃO.....	43
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	44
8. APÊNDICE .....	46
8.1 Junção do Material.....	46
8.2 Confeção do Forno .....	46
8.3 Junção das Caixas.....	47
8.4 Forno solar pronto .....	47

## **RESUMO**

O projeto “Forno Solar” visa enfatizar a educação ambiental, com o uso de tecnologia limpa e sustentável e um baixo custo para o desenvolvimento do mesmo. O forno foi construído a partir de matérias-primas de origem dos resíduos sólidos urbanos produzidos diariamente, como caixas de papelões, embalagens plásticas (origem industrializada) de salgadinho, bolacha, bala, retalhos de madeira, alumínio, onde estes foram encontrados em locais como: lojas, supermercados, marcenaria, carpintaria e até mesmo nas ruas. A utilização desses materiais reutilizáveis é o que barateia o custo da construção do forno solar, fato este que atrai notadamente a população de baixa renda, sendo uma alternativa útil e ambientalmente apropriada, pois se encaixa no princípio da sustentabilidade, além de contribuir para minimizar a fome no mundo. Os resultados obtidos para as regiões mineiras de Inconfidentes e Ouro Fino, o forno solar alcançou a temperatura de 74 °C para o mês de fevereiro e 45 °C no mês de menor insolação e temperaturas baixas.

**PALAVRAS CHAVE:** energia solar, sustentabilidade, painel solar.

## **ABSTRACT**

The project "Solar Oven" aims to emphasize environmental education, with the use of clean technology and sustainable and low cost to its development. The oven is constructed from raw material source of municipal solid waste produced daily, like cardboard boxes, plastic containers (industrial origin) of chips, crackers, candy, etc., scraps of wood, aluminum plates, where they are found in places such as shops, supermarkets, joinery, carpentry and even on the streets. The use of reusable materials is what cheapens the cost of building the solar oven, a fact that attracts mainly people with low income, being a useful alternative and environmentally appropriate, as fits the principle of sustainability and contribute to minimize world hunger. The results obtained for the mining regions of Conspirators and Ouro Fino, the solar oven has reached the temperature of 74 ° C for the month of February and 45 ° C in the month of lowest insolation and low temperatures.

**KEYWORDS: solar energy, sustainability, solar panel.**

## 1. INTRODUÇÃO

Na atualidade, a ação energética tende a um crescimento desordenado para atender as necessidades da humanidade, estimada em mais de sete bilhões de pessoas. O homem tem se voltado para a natureza buscando nela alternativas capazes de lhe proporcionar a energia de que tanto necessita sendo esta compatível ao seu nível de vida. Na verdade, as alternativas energéticas originárias dos recursos naturais renováveis estão sendo retomadas. Principalmente o vento e o sol, que já desempenharam no passado papéis de importâncias significativas na história da humanidade.

Há previsões, até certo ponto, alarmantes referentes à exaustão dos recursos petrolíferos mundiais, configuradas pela crise energética surgida nos anos em que os países industrializados aceleraram as suas pesquisas na obtenção de novas tecnologias alternativas, elegendo a energia solar como a mais promissora alternativa energética do futuro.

Nesta busca por fontes alternativas, o Brasil apresenta grande diferencial em relação aos outros países, pois a sua imensa biodiversidade, permite a geração de energia por vários meios, incluindo as fontes de energia renováveis como a hidrelétrica, a utilização da biomassa, o álcool, o biodiesel, a solar, eólica, entre outras (AGRONEGÓCIOS, 2006).

No que se refere à utilização da energia solar como fonte alternativa, vale lembrar o uso do forno solar que foi destaque nas invenções que preservam o meio ambiente (CARBONO BRASIL, 2009). O princípio de funcionamento tem como base um recipiente fechado e adequado para entrar ondas curtas provenientes do sol passando por uma superfície transparente, porém, vedada. Nesse caso a Caixa Kyoto, nome dado ao forno solar, utilizou-se como principal matéria-prima na estrutura o papelão, material de descarte e fácil de encontrar, pode ser usada para ferver água e cozinhar alimentos. O seu inventor Jon Bohmer, criou essa ideia para que nos países em desenvolvimento possam usar, evitando assim, que o uso da lenha continue devastando florestas em todo o mundo.

O forno solar é um equipamento, que concentra os raios solares numa área, permitindo aquecer os alimentos depositados num recipiente fechado. O mesmo pode substituir o forno tradicional que se usa atualmente nas cozinhas, isso justifica o ideal de que os simples sistema poderia auxiliar os grandes projetos que visam melhorar as condições de alimentação em comunidades pobres e isoladas, pois é de baixo custo e utiliza energia renovável.

Além das vantagens da utilização em si, usar um forno solar também significa estar cooperando com a preservação da natureza, reciclando materiais do lixo e usando uma fonte gratuita, renovável e inesgotável de energia proveniente do sol e ao mesmo tempo, reduzindo a dependência dos combustíveis fósseis (gás) e dos recursos florestais (lenha e carvão), o qual provoca desmatamentos e cuja queima contribui para o aquecimento do planeta, conhecido como “Efeito Estufa”.

Por ser de grande utilidade e visando a sua eficiência no uso do forno solar em comunidades desfavorecidas é que o estudo na construção da viabilidade no desenvolvimento possa garantir a sua divulgação. Normalmente o custo para comprar um forno solar, que utiliza painéis de alumínio e materiais de maior durabilidade, gira em torno de R\$100,00 (cem reais), mas nas regiões pobres, o preço pode chegar a 40,00 reais, graças aos subsídios (TECNOLOGIA VERDE, 2010).

## **2. OBJETIVO E RELEVÂNCIA DO TRABALHO**

### **2.1 OBJETIVO GERAL**

Este projeto tem como objetivo ensinar a construir um forno solar a partir do reaproveitamento de materiais recicláveis, de forma a ser utilizado como ferramenta de educação ambiental e abranger uma tecnologia sustentável.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- Trabalhar na educação ambiental em relação aos resíduos e a importância da reutilização do mesmo;
- Expandir a ideia do projeto, tendo a missão de diminuir a quantidade de resíduos dispostos no aterro de Ouro Fino, MG, e dos municípios que aderirem a este princípio;
- Trazer o conhecimento de fontes de energia renováveis, e sua importância para o meio ambiente;
- Ensinar a construir um forno solar a partir de materiais recicláveis.

### 3. REVISÃO LITERÁRIA

Em um estudo aprofundado sobre o projeto, mostra uma lenda que se iniciou na Idade Média, onde menciona que Arquimedes utilizava espelhos para concentrar a luz do sol e queimar navios inimigos (SEXTO, 2010).

Antoine Laurent Lavoisier (1743 - 1794), em 1772 começou seus estudos de combustão utilizando uma lente grande para concentrar raios solares nos materiais de interesse, conseguiu atingir uma temperatura de 1.750°C, o que incentivou diversos inventores a começarem a trabalhar com máquinas solares (SEXTO, 2010).

O emprego do forno solar como uma alternativa energética no cozimento dos alimentos é atualmente uma alternativa ecologicamente importante e correta, quando se sabe que de acordo com o Manual for Solar Box Cooker's, publicado por Technology for Life, da Filândia, cerca de dois terços da população mundial (2 bilhões de pessoas), dependem diariamente de lenha para satisfação de suas necessidades energéticas direcionadas para a utilização domiciliar (cozimento de alimentos e aquecimento) (BEZERRA, 1998). Isso representa nos dias atuais um desmatamento anual das florestas tropicais da ordem de 20.000 a 25.000 km<sup>2</sup> (BEZERRA, 1998).

A energia térmica que se concentra no interior do forno é suficiente para fornecer as calorias necessárias para a ebulição de água, cozinhar, assar e aquecer alimentos (BEZERRA, 1998).

No entanto, o uso sistemático do forno solar trará maiores benefícios para o usuário, principalmente os de baixa renda. Por outro lado a sua frequente utilização representa uma contribuição inestimável à fauna e a flora, hoje tão comprometidas com o desmatamento inconsequente e predatório na busca de lenha e outros materiais destinados à produção de energia térmica. O emprego da energia solar não apenas no cozimento dos alimentos, mas ainda no aquecimento de água, secagem de produtos agropecuários, etc., evidência uma prática ecologicamente correta que não deve ser negligenciada (BEZERRA, 1998).

Um forno aquecido pelo sol tem ajudado 250 famílias do deserto do Chile a prepararem suas refeições. Alguns céticos não acreditam que o forno solar realmente funcione. No entanto, diversos testes estão sendo feitos, liderados pela chefe Michaela Borghese, que inclusive, já fez polenta no forno e uma torta com massa amanteigada (TECNOLOGIA VERDE, 2010).

### **3.1 O Efeito Estufa**

O efeito estufa é um fenômeno natural no qual ocorre o aquecimento da atmosfera terrestre, onde os raios provenientes do sol ao serem emitidos a Terra têm dois destinos, sendo uma parte absorvida e transformada em calor, o que permite manter o planeta quente, enquanto a outra parte é refletida e direcionada ao espaço como radiação infravermelha. O efeito estufa é essencial para manter a temperatura do planeta em condições ideais de sobrevivência, caso contrário a Terra seria muito fria e dificultaria o desenvolvimento de várias espécies. Segundo Tereza Mendes (2007), apenas 35% da radiação é refletida de volta para o espaço, enquanto os outros 65% ficam retidos na superfície do planeta. No aquecimento global da Terra a armadilha para a retenção do calor é proporcionada pela presença de certos gases na atmosfera terrestre, o chamado “gases do efeito estufa”.

A atmosfera terrestre é composta basicamente por dois gases, o Oxigênio ( $O_2$ ) e o Nitrogênio ( $N_2$ ), que somados atingem cerca de 99% do seu volume total. Em segundo plano, com cerca de 0,9%, está o Argônio (Ar). Os restantes 0,1% estão distribuídos dentre os demais gases (SANTOS, 2000).

Numa estufa artificial, há um desequilíbrio térmico proposital, criado pelo homem para estabelecer condições microclimáticas, a partir da construção de anteparos que bloqueiam a saída da radiação térmica para a atmosfera. Comumente, esse anteparo é feito de vidro, que permite a passagem da radiação infravermelha e retém o calor no ambiente condicionado (UNEP, 1997).

### 3.2 Energias Renováveis

Algumas formas de energia que consumimos são renováveis, nas quais se incluem a energia solar, eólica, hidráulica, etc. Estes tipos de energia estão constantemente a ser renovadas. A fonte de energia renovável, como a exploração intensiva de recursos energéticos limitados, tem levado os cientistas a procurar formas de energia que, ao contrário daquelas, não se esgotam e não causam muita poluição. As fontes de energias não renováveis são finitas e esgotam-se (um poço de petróleo não pode ser preenchido, pois este combustível é resultado de milhões de anos de decomposição orgânica) (PAULA, 2006). Uma vez gasta não é possível usá-la de novo, por isso, a melhor opção é conservar e poupar ao máximo as formas de energia não renováveis. Existem várias vantagens em se utilizar das fontes de energia renováveis, destacando o aproveitamento de recursos naturais, pelo fato de estes não serem esgotáveis e de não fazerem muita poluição (sol, vento, água).

Apesar de todas as vantagens das energias alternativas, existem algumas divergências. No caso da energia da biomassa, que ao contrário de algumas energias alternativas, o seu método de combustão não é limpo. É similar a combustão dos combustíveis fósseis, acaba produzindo uma relevante quantidade de dióxido de carbono. Porém, produzem poluentes menos danosos, uma vez que os principais elementos encontrados nos materiais orgânicos são: o hidrogênio, carbono, oxigênio e o nitrogênio (PAULA, 2006).

Têm-se ainda as hidroelétricas, que com o aumento do nível da água pode oferecer um melhor habitat para os peixes, mas pode também acabar com o habitat de outras espécies por, às vezes, não oferecer condições de piracema.

No caso da energia eólica sua desvantagem seria no custo inicial das turbinas, que é maior do que o das energias convencionais. Do ponto de vista ambiental, há o barulho produzido, interferências nos sinais de televisão e pode matar os pássaros. Além dos problemas de poluição visual na natureza. Também não podem estar perto das cidades e há o problema de o vento não soprar 24 horas por dia, o que pode causar problemas na entrega de eletricidade (PAULA, 2006).

As energias das marés sofrem alterações no eco-sistema na baía. Logo as energias

das ondas também dependem muito da localização e é bastante dispendiosa. Já a energia solar, nota-se como desvantagem os custos iniciais, além de quase todos os métodos de energia solar necessitarem de grandes espaços, mas isso varia, já que existem inúmeros projetos sustentáveis de baixo custo utilizando-se a energia do sol.

### **3.3 Potencial do Brasil para utilização do forno solar**

Segundo Vidal & Vasconcelos (2002), no Brasil, pouco se cogita sobre os elevados potenciais naturais com extraordinária incidência solar. O aproveitamento da energia gerada pelo sol, inesgotável na escala terrestre de tempo, tanto como fonte de calor quanto de luz, é hoje, sem sombra de dúvidas, uma das alternativas energéticas mais promissoras. E quando se fala em energia, deve-se lembrar que o sol é responsável pela origem de praticamente todas as outras fontes de energia.

O Brasil demonstra grande potencial de uso para o aquecimento solar, e sua utilização em maior escala representa benefícios para diversos setores da sociedade, sem falar nas vantagens refletidas para o meio ambiente. O aproveitamento solar pode retardar investimentos para construção de usinas para a produção de eletricidade, evitando, assim, os impactos ambientais que tais empreendimentos provocam (OLIVEIRA et al., 2008).

As áreas potencialmente utilizáveis no Brasil com maior radiação solar estão situadas nas zonas do semiárido nordestino e regiões de características semelhantes e preferencialmente onde há ocorrência de desmatamento para alimentação de fogões à lenha, onde são bastante utilizados na zona rural. Nas regiões litorâneas o emprego do forno solar geralmente ocorre em *campings* e outras atividades correspondentes. A utilização do forno solar nas áreas potencialmente propícias se dá praticamente durante todo o dia sendo o horário de maior incidência do sol, um período entre as 9 e 16 horas da tarde (SALAMONI, 2003).

Devido a essa localização geográfica e clima, o uso do forno solar no Brasil se mostra totalmente viável. Embora possa ser de uso generalizado em quase todo o globo, nos países de clima tropical e equatorial, as regiões de até 40° de latitude se mostram melhores

para essa utilização, com uso possível até mesmo no inverno. O mapa da Figura 1 mostra as regiões de maior potencial em todo o planeta, dispondo-se de uma estimativa de que na Índia e China existam mais de 100.000 fornos solares em funcionamento (DELGADO et al., 2009).

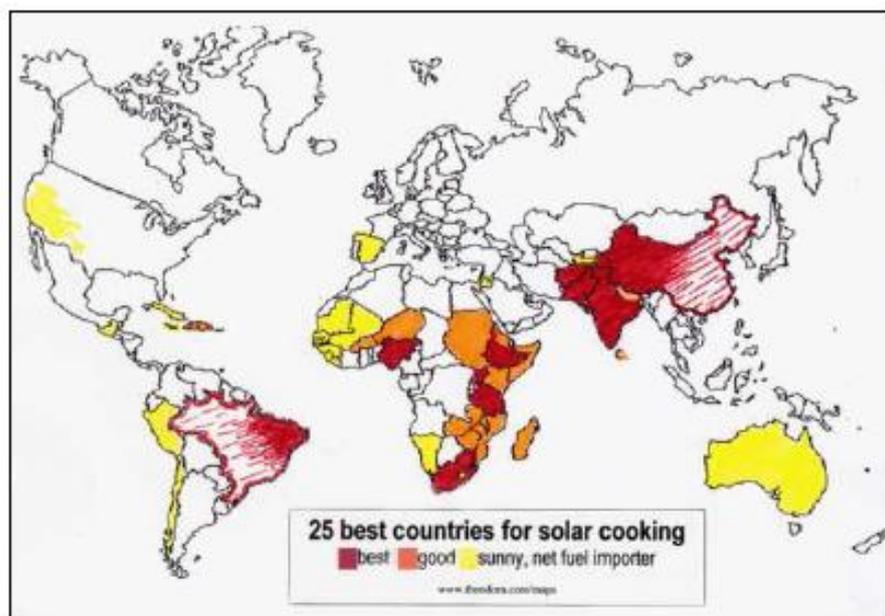


Figura 1: Mapa com as 25 melhores regiões para a utilização do fogão solar  
Fonte: SILVA, 2007.

### 3.4 Temperatura no foco do sistema

A temperatura a ser obtida no foco do forno solar depende basicamente de sua orientação correta, do grau de acabamento a ser dado aos vários tipos de construção do forno solar, podendo ser por parabólica, caixa de madeira refletida através de espelhos, caixa de papelão e alumínio, depende do que comporá a superfície refletiva e do respectivo fator de concentração (BEZERRA, 1998).

O material mais indicado para compor a superfície refletiva é o alumínio com alto grau de polimento, embora existam outros materiais como o mylar (um tipo de plástico auto-adesivo), que tem o inconveniente de ser importado, portanto de custo elevado, logo não aconselhável. E o vidro espelhado de dois milímetros de espessura, o qual seria ideal, mas sua

fragilidade não é suficientemente flexível para se adaptar à superfície (BEZERRA, 1998).

Um protótipo para se obter a temperatura de um forno solar é se utilizar um termômetro digital, destacando o tipo SALVTRM 1200 K. Este termômetro é introduzido ao interior da caixa e permanecendo em média cinco minutos (BEZERRA, 1998).

### **3.5 Países que aderiram ao forno solar**

Há relatórios confiáveis que afirmam haver mais de 100.000 cozinheiros em uso na Índia e na China SPONHEIM (2006). Estudos mostram que há pouco tempo, a Solar Cookers International, realizou um progresso importante no Quênia usando o Cookit. Mais de 5.000 famílias estão usando estes cozinheiros lá atualmente (SPONHEIM, 2006).

### **3.6 Vantagens do forno solar**

O forno solar tem como principal vantagem ser um equipamento barato e fácil de fazer e até mesmo usar. Economiza gás butano, carvão e lenha, sobrando mais dinheiro para a compra de alimentos. Além de reduzir o trabalho de cozinhar feijão, arroz, carnes, bolos, pães, doces, papinhas, polenta, purês, massas, salgados e vegetais. Toda a comida é colocada no forno ao mesmo tempo e não precisa ser mexida ou vigiada durante o cozimento, pois não queima, deixando o usuário livre para outras atividades. Apresenta um menor trabalho para lavar panelas, pois o alimento não queima, não seca e não gruda. Promovendo assim mais saúde, pois a comida cozinha lentamente e a temperaturas mais baixas, preservando os nutrientes (ALBANO, 2011).

A cozinhas por meio do fogão de lenha pode proporcionar doenças nos olhos e nos pulmões, causadas pela fumaça resultante da queima da lenha, o forno solar reduz esses males. Não existem riscos como incêndios nem queimaduras. Pode ser usado com segurança até pelas crianças, acima dos oito anos (ALBANO, 2011). O alimento feito pelo forno solar apresenta uma comida saborosa pelo cozimento mais lento, (mais tempo para incorporar os

temperos) e pela retenção do vapor e do aroma em panelas fechadas no espaço fechado do forno. O forno possibilita pasteurizar a água e o leite para o consumo da família, reduzindo o risco de diarreia, náusea e vômitos provocados pela contaminação. Possibilita também fazer conservas e desidratar frutas e sementes, aumentando sua duração. Atende a fabricação artesanal de fornos para venda assim como a restauração, conserto ou reforma de fornos usados. Possibilita ao usuário promover cursos ou oficinas para ensinar a fazer e usar fornos solares, uma fonte de renda ainda inexplorada e de grande potencial de crescimento.

Pode ser útil como material didático em projetos de feiras de ciências nas escolas públicas e particulares. Possibilitando o uso em outras tarefas como a esterilização de instrumentos, derretimento de ceras ou parafina, tingimento de tecidos, etc. Promove a participação pessoal do usuário na campanha mundial pela preservação do meio-ambiente. É possível a utilização como ambiente térmico, para completar o cozimento de alimentos fervidos em fogão convencional, pela capacidade de manter o calor por muito tempo (ALBANO, 2011).

### **3.7 Vantagens para o meio ambiente**

O forno solar apresenta vantagens ao meio ambiente também, com a grande redução no uso de combustíveis fósseis como gás butano ou querosene que poluem a atmosfera e que vão se esgotar. Também apresenta grande redução no uso de combustíveis renováveis como a lenha e o carvão que poluem a atmosfera e contribuem para o desmatamento com suas consequências graves para o meio-ambiente como a erosão e o empobrecimento dos solos, a poluição das águas, a oxigenação do ar e o avanço do processo de arenização.

### **3.8 Desvantagens do forno solar**

Diferentemente dos sistemas que operam segundo a conversão térmica da radiação solar, o forno exige para o seu funcionamento a presença da radiação solar direta, ou seja, céu claro e sem nebulosidades, já que se trata de um sistema que opera segundo a reflexão desta radiação. Por esta razão é que as áreas potencialmente utilizáveis estão situadas nas zonas do semiárido nordestino e regiões outras de características semelhantes (ALBANO, sd). Outra desvantagem do forno é a forma de armazenamento da energia solar, pois comparadas aos combustíveis fósseis (carvão, petróleo e gás), e a energia hidroelétrica (água), são pouco eficientes. Os painéis solares têm um rendimento de apenas 25% (PORTAL ENERGIA, 2009)

### **3.9 Prêmio com Forno Solar**

Um forno solar foi vencedor de um concurso que premiou invenções que preservam o meio ambiente. A Caixa Kyoto, como o forno foi apelidado, é feita de papelão e pode ser usada para ferver água e cozinhar alimentos. O criador do produto, Jon Bohmer, está baseado no Quênia e disse que espera espalhar sua idéia nos países em desenvolvimento, evitando que o uso da lenha continue devastando florestas em todo o mundo. Organizado pelo Fórum para o Futuro, uma instituição beneficente que promove desenvolvimento sustentável, a competição concedeu ao vencedor um prêmio de US\$ 75 mil (cerca de R\$163 mil) (GRANDE, 2009).

A Caixa de Kyoto é feita de duas caixas de papelão nas quais se cola uma folha de papel laminado no fundo. O papel laminado é pintado de preto para maximizar a absorção de calor. Ao cobrir a caixa com uma tampa transparente, o calor é retido podendo elevar a temperatura dentro do objeto a até 80°C (GRANDE, 2009). Os juízes dizem terem ficado impressionados com a capacidade de produção em larga escala do forno solar.

"Nós podemos usar as fábricas de papelão e começar a construir milhares e milhares de fornos todo mês", disse John Bohmer. O inventor Bohmer também espera

ganhar patrocínio do mercado internacional de carbono. Ao demonstrar que o uso da Caixa de Kyoto reduz as emissões de gás carbônico, ele poderá ganhar créditos de carbono de países e empresas ocidentais.

## **4. MATERIAL E MÉTODOS**

### **4.1 Local de realização do experimento**

O projeto foi desenvolvido no município de Ouro Fino, localizado na região sul do estado de Minas Gerais. Sua população estimada em 2012 está em média de 32.154 habitantes. Está situado em uma região montanhosa, sendo cortada por vales, com altitudes variando entre 800 e 1600 metros (sede municipal a 908 metros de altitude). Seu clima é tropical de altitude, com verão chuvoso e ameno e período seco no inverno, com noites e madrugadas frias. Temperatura média anual de 18°C, com máximas de 36°C no verão e 5°C no inverno.

### **4.2 Funcionamento do forno solar**

O presente projeto tem por finalidade cozinhar de tudo no forno solar: arroz, feijão, verduras, carne, peixes, batata, pães, bolos, etc. Porém não é possível realizar alimentos a partir de frituras.

Em geral o cozimento mais eficiente se faz com panelas leves e de metal fino, de tamanho médio ou pequeno, de preferência panelas rasas ao invés de fundas, dando preferência às panelas de cor preta ou de cores escuras e com tampas.

Existe um tempo mínimo de cozimento, de aproximadamente trinta minutos, mas não existe nenhum tempo máximo, pois a comida não queima e não gruda no fundo das panelas em função da umidade que se forma dentro delas.

A Figura 2 ilustra o funcionamento do forno solar, justificando visualmente a sua construção onde não há uso de nenhum tipo de combustível, dependendo apenas de boa insolação solar.

Seu funcionamento é simples, de forma que o forno recebe os raios solares direta e indiretamente no seu interior. Diretamente são os raios de ondas curtas provenientes do sol que penetram por meio do vidro transparente para o interior do forno, e indiretamente serão as transformações dos raios solares em ondas longas que irão ficar no interior do forno refletindo em um ambiente com papel laminado, causando uma reação similar a do efeito estufa, onde pode-se observar por meio da figura 3.

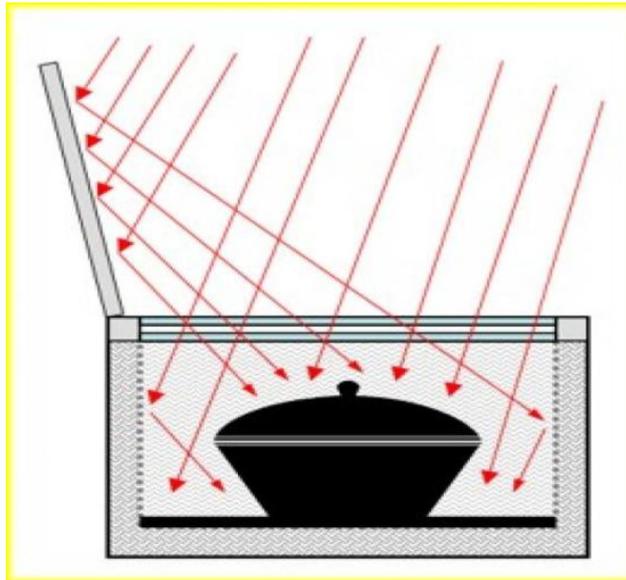


Figura 2: Modelo de funcionamento do forno solar.

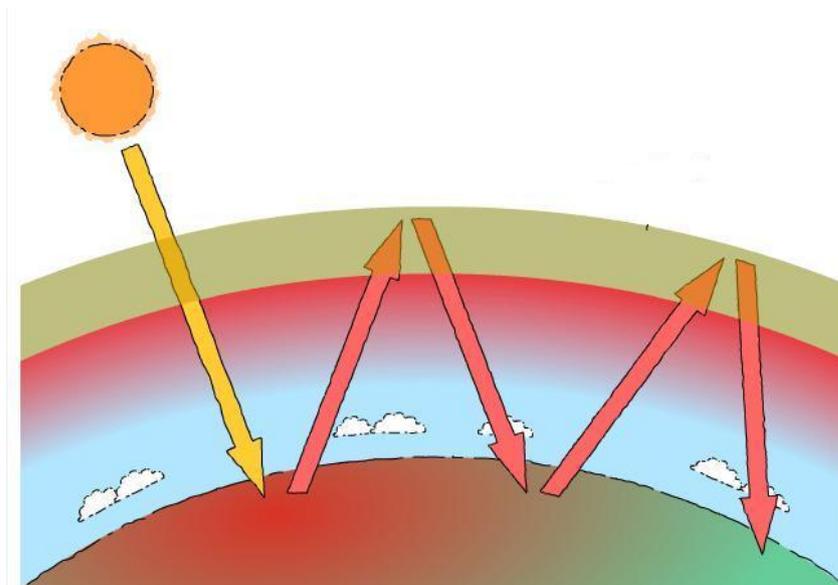


Figura 3: Modelo de funcionamento do efeito estufa

O forno solar tem a sua construção a partir de materiais recicláveis, utilizando uma caixa de papelão de face simples apresentando uma espessura de 2,7mm no qual seu interior é todo revestido por alumínio, no caso em estudo o alumínio é substituído por sacos de alimentos de face interna espelhada (origem industrializados), e ao fundo usou-se uma chapa de ferro, esta foi pintado de preto fosco para maximizar a absorção de calor. A caixa foi tampada com uma tampa de vidro temperada transparente mantendo a energia calorífica

presa, este calor retido pode levar a temperatura dentro do forno em até 80°C (GRANDE, 2009). Para a tampa refletora utilizou-se um espelho, direcionado em um único ponto obtendo assim o máximo de energia. A ideia do forno foi causar um efeito estufa, sendo assim a temperatura dentro do forno é suficiente para o cozimento de alimentos e fervura da água.

### **4.3 Materiais Utilizados**

- Parte interna do forno:

- (i) Caixa de papelão de face simples;
- (ii) Sacos plásticos de alimentos de face interna espelhada (origem industrializados);
- (iii) Cubos de madeira;
- (iv) Cola branca;
- (v) Chapa de ferro.

- Parte externa do forno:

- (i) Caixa de papelão de face simples;
- (ii) Jornais;
- (iii) Fita crepe;
- (iv) Tinta preta fosca;
- (v) Tampa de vidro temperada transparente.

#### 4.4 Confeção Parte Interna do Forno

Para a construção da caixa de dentro (parte interna) do forno solar foram divididas cinco etapas:

##### 1º Etapa – Junção do Material

Para iniciar a construção do forno solar foi essencial que todos os materiais estejam presentes como mostra a Figura 4, além dos itens precisos citados acima, outros materiais também devem estar presentes, pois serão usados durante todo o processo de construção do forno, como: régua, tesoura, materiais de auxílio para usar como peso (livros), pincel para espalhar a cola, pano umedecido para limpar as mãos e as borras de cola.



Figura 4: Junção do Material

## 2º Etapa – Embalagens

Os sacos plásticos de origem de salgadinhos industrializados foram recolhidos pelas ruas do município de Ouro Fino. Após este recolhimento, os sacos industrializados foram recortados formando retângulos e quadrados e sequencialmente foram limpos com pano umedecido, depois de secos os sacos ficaram abertos no chão com peso em cima, fazendo com que assim os sacos ficassem planos e sem dobras, Figura 5.



Figura 5: Limpeza das Embalagens

## 3º Etapa – Caixa de Papelão (Parte Interna)

Essa caixa foi obtida em supermercados ou em qualquer outro local que a proporcione, sem oferecer nenhum custo. A caixa utilizada para o projeto apresentou inicialmente uma altura de 15,0cm. Foi mantida a altura da caixa interna, apresentando tamanho de 24,2cm x 21,0cm de comprimento. Em seguida colam-se as ambas da caixa interna virada para a parte externa da caixa, isto proporcionará melhor estabilidade para o forno, Figura 6.



Figura 6: Caixa Interna do forno

#### 4º Etapa – Alumínio (Parte Interna)

Esta etapa foi dividida em duas partes:

1) Devem-se colar inicialmente colar todas as extremidades da caixa interna com o alumínio. Passa-se a cola branca na parte não metalizada dos sacos de salgadinho de origem industrializados, para essa etapa deve-se ter paciência, pois para cada extremidade só será colado o alumínio após a anterior ter secado completamente, evitando assim risco de descolar e permitindo um trabalho bem feito, Figura 7.



Figura 7: Cola-se o alumínio inicialmente na parte interna da caixa.

2) Após colado o alumínio em toda a parte interna da caixa, cola-se o alumínio em toda a sua parte externa, deixando a mesma toda vedada, evitando o vazamento de calor, Figura 8.

Em outras literaturas citam-se fornos que utilizam papel alumínio ao invés de sacos de salgadinho, no entanto, este projeto assume um caráter inovador por ter em seus objetivos a conservação do meio ambiente, assim substituindo o papel alumínio por sacos de salgadinho industrializados, praticando a reutilização e ainda baixando os custos do projeto. Esta substituição é possível, pois no interior dos sacos de salgadinho encontra-se uma camada de alumínio, o que justifica a substituição, afinal são materiais semelhantes.

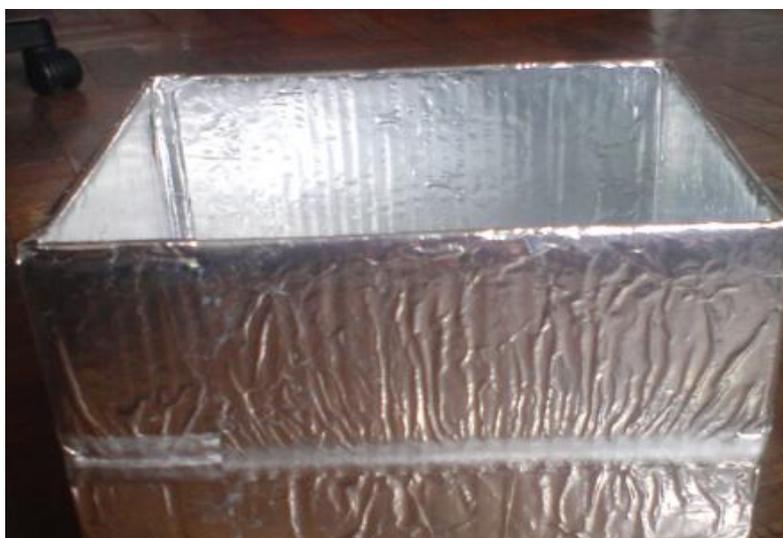


Figura 8: Colando o alumínio na parte externa da caixa.

#### 5º Etapa – Pezinhos de Madeira

As pequenas peças de madeira foram recolhidas dos rejeitos de uma marcenaria, podendo ser substituídos por cabos de vassouras feitos de madeira não mais utilizados. Essas peças de madeira, para o forno em questão, foram serrados, formando pequenos pés de 7cm, e colados com cola branca na parte inferior e externa da caixa de dentro do forno, fazendo com que a caixa interna não tenha nenhum contato com a caixa externa, somando-se um total de quatro pequenos pés. Esse valor é variável em relação ao tamanho da caixa, permitindo a mesma maior estabilidade.

Quanto à cola branca usada em toda montagem do forno, serviu para colar os sacos de salginho na caixa de papelão e também os pequenos pés de madeira na caixa interna, Figura 9.



Figura 9: Sequência na montagem dos pés de madeira

#### 4.5 Confeção da Parte Externa do Forno

Para a confecção da caixa externa do forno solar foram divididas 4 etapas:

##### 1º Etapa – Caixa de Papelão (Parte externa)

A caixa para construção da parte externa teve a mesma origem da caixa utilizada para confecção da parte interna do forno. Inicialmente a caixa apresentou uma altura de 32cm, em seguida foi medida uma altura de 23cm em volta de toda a caixa e recortada, fazendo com que sua altura seja maior em relação a caixa interna numa diferença de 8cm, essa diferença não será notada com os pezinhos de madeira inseridos na caixa interna, igualando a altura das caixas Figura 10. A caixa externa apresenta um tamanho de 31,5cm x 29,5cm. Depois de finalizado o corte da caixa, as ambas foram viradas para a parte de dentro, deixando um espaço entre a aba e a parede da caixa, este espaço deve ser em média de 3 a 3,5cm. Dentro

desse espaço entre a aba e a parede, foi introduzido jornal Figura 11.

Os jornais utilizados neste projeto foram obtidos por meio de doações realizadas no município de Ouro Fino de forma a diminuir ainda mais os gastos totais do forno, facilitando assim o acesso do forno para famílias carentes. O jornal tem por objetivo criar uma caixa isolante de ar, diminuindo a perda de energia por condução. A fita crepe foi utilizada para prender a superfície da caixa externa, deixando-a firme e nivelada.



Figura 10: Recorte da caixa externa



Figura 11: Abas viradas para dentro sendo introduzido o jornal

## 2º Etapa – União das Caixas (Caixa interna e Caixa Externa)

Nesta etapa deve-se introduzir a caixa interna dentro da caixa externa e uni-las com a fita crepe, tornando-as uma só, Figura 12:



Figura 12: Junção da caixa interna e externa

### 3º Etapa – Tinta Preto fosco

A tinta utilizada foi adquirida em loja de tintura de 200ml. A cor preta apresenta maior albedo, que é a medida da quantidade de radiação solar refletida por um corpo ou uma superfície (Dicionário de Geociência, 2011). A opção pelo preto fosco foi devido a grande absorção de calor e nula reflexão de luz, fazendo com que assim o forno esquentasse mais rápido. Foi pintada então toda a área externa da caixa de preto fosco, Figura 13. Usou-se a tinta para pintar também a chapa de ferro. Essa chapa de ferro não apresentou nenhum custo e foi encontrada em rejeitos de serralheria, com a superfície totalmente lisa. O tamanho da chapa deve ser um centímetro menor nas laterais, baseando-se nas medidas internas da caixa menor. A chapa deve ficar de forma centralizada dentro do forno sem que nenhum dos lados da chapa encoste-se à parede da caixa, com uma distância de um centímetro, Figura 14.



Figura 13: Forno pintado de preto fosco.



Figura 14: Chapa de ferro pintada de preto fosco.

#### 4º Etapa – Finalização

Para concluir a construção do forno solar foram colados quatro pés de madeira de um centímetro nos cantos da chapa de ferro, lembrando que a chapa de ferro não deve ter contato nenhum com a caixa de papelão. Após a chapa pintada e com os pés colados, foi introduzida para dentro do forno, Figura 15.

Por último foi posta a tampa de vidro sobre o forno, Figura 16. Essa tampa deve ter as medidas da caixa maior, vedando qualquer saída de ar. A tampa de vidro foi comprada em uma vidraçaria, tendo um maior custo neste material, pois deve ser de vidro temperado com 4mm de espessura.



Figura 15: Pezinhos de madeira colados na chapa de ferro.



Figura 16: Tampa de vidro temperado.

## 5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os testes no forno solar foram realizados dentre as quatro estações, verão, outono, inverno e primavera, na estação de maior incidência solar “verão” e na estação de menor incidência solar “inverno”. Foram comparados os resultados entre o tempo gasto para o cozimento de um alimento específico em ambas às estações, sendo o alimento em análise um ovo caipira. Outros testes foram realizados, a parte, para melhor avaliação do desempenho do forno, como: cozimento do arroz, macarrão, legumes como cenoura e batata e crescimento de massa de pão.

No mês de fevereiro, dia 25, estação de calor (verão), apresentou uma temperatura de 30°C, pressão atmosférica de 1011hPa, direção do vento NNE com intensidade de 17km h<sup>-1</sup>, com umidade relativa entre 59%, o tempo estável e sem nuvens, às 13h30 se utilizou o forno para cozinhar um ovo caipira, a temperatura dentro do forno elevou-se aos 74°C, Figura 17. Em média 1h43depois, o ovo estava cozido e pronto para o consumo, Figura 18.



Figura 17: Forno Solar cozinhando um ovo caipira.



Figura 18: Ovo caipira cozido.

No final do mês de junho, dia 29, foi realizado o outro teste, agora em um período mais frio, estação do inverno, o dia do teste apresentou uma temperatura de 19°C, o tempo estava estável e de sol, apesar de clima frio. O teste iniciou-se as 13 horas e em média 3 horas o ovo estava pronto, a temperatura dentro do forno elevou-se aos 61°C, apresentando clara cozida e gema ainda mole, mas dentro dos padrões para o consumo, Figura 22. Pode-se notar então uma diferença de tempo para o cozimento do mesmo, em relação ao verão, uma estação mais quente.



Figura 19: Cozimento do ovo caipira.



Figura 21: Ovo caipira mal cozido.

Para melhor visualização, no Gráfico 1, observa-se as temperaturas obtidas dentro do forno solar dentre os teste realizados ao longo dos meses, marcadas por um termômetro digital. Podendo assim observar que o forno obteve temperaturas mais altas nos meses de maior incidência considerada luz solar.

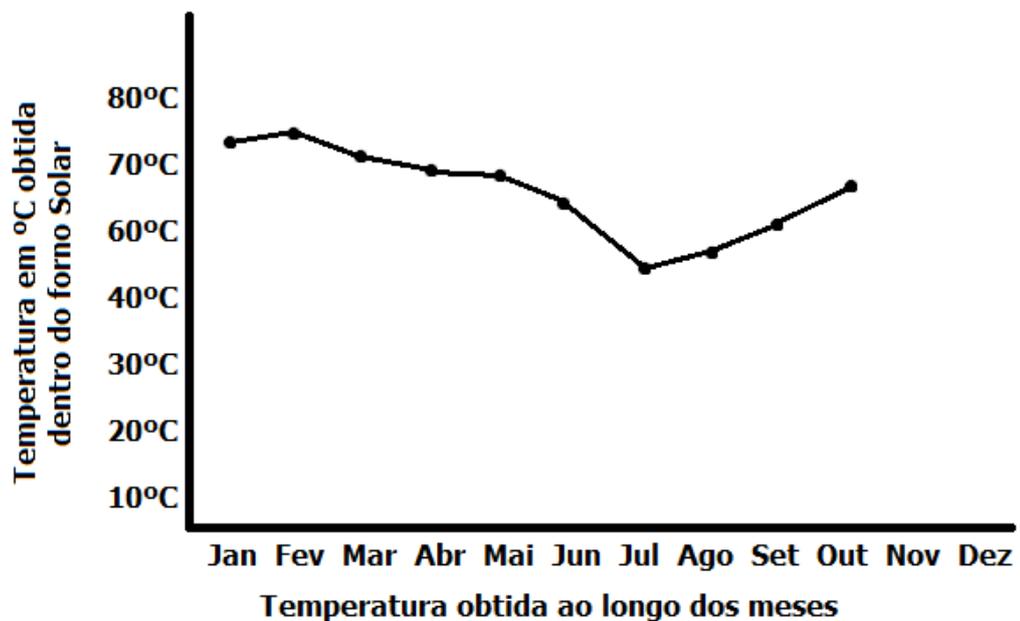


Gráfico 1: Temperatura no foco do sistema, 2012.

FONTE: Próprio Autor.

No Gráfico 2, pode-se observar com clareza a comparação entre os meses que serviram como parâmetro para o desenvolvimento do trabalho (fevereiro e Junho), de estações correspondentes a verão, mês de maior incidência solar e inverno mês de menor incidência solar. Apesar do decréscimo quanto a temperatura no foco do sistema do forno solar, o projeto foi viável nestes meses mais frios, servindo para aquecer alimentos já prontos. Quanto ao cozimento de alguns alimentos, foi possível para alimentos mais leve como os legumes, onde apenas levou mais tempo para que os alimentos fossem totalmente cozidos.

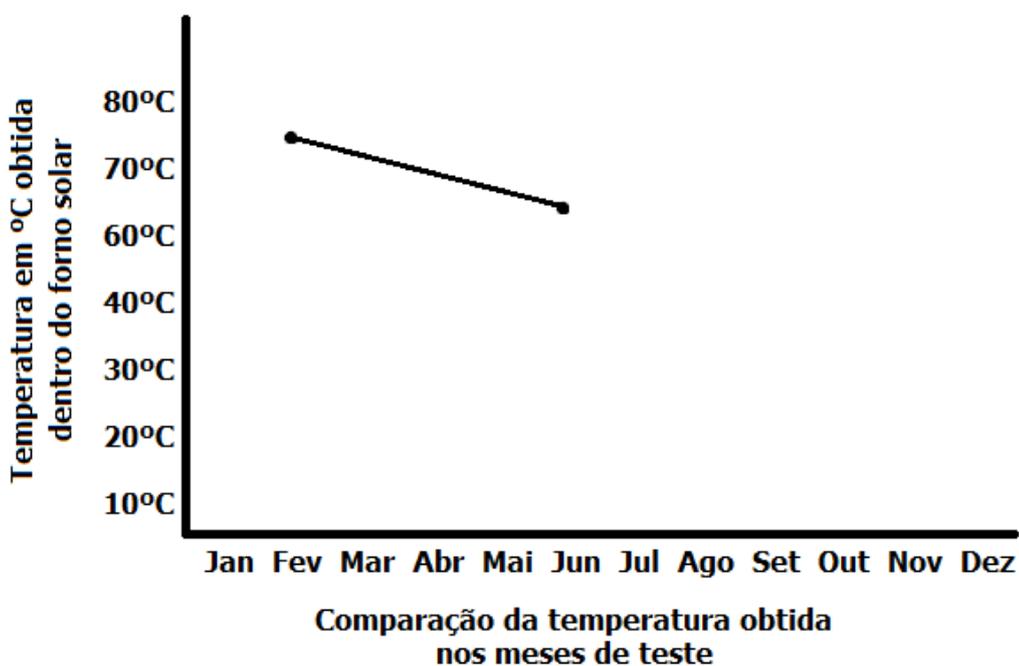


Gráfico 2: Comparação da temperatura obtida no foco do sistema entre verão e inverno, 2012.

FONTE: Próprio Autor

Quanto as temperaturas externa obtidas, no Gráfico 3 é possível observar ao longo dos meses de teste com a influência de um termômetro digital as respectivas temperaturas apresentadas nos dias de teste.

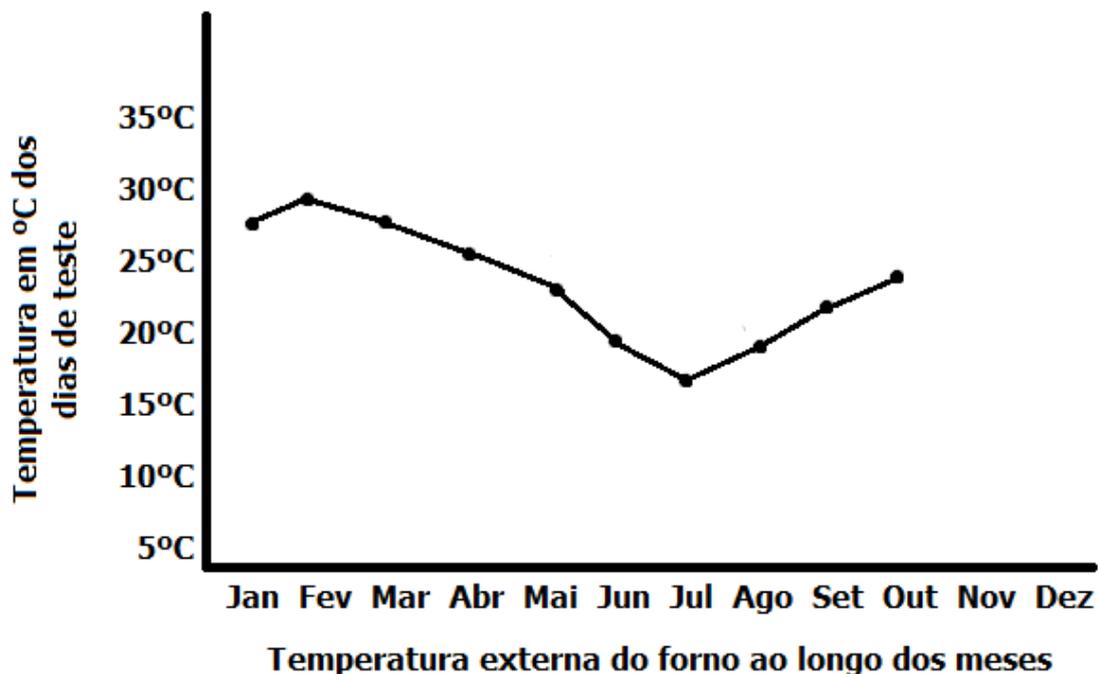


Gráfico 3: Temperatura externo do forno obtida por termômetro digital.

FONTE: Próprio Autor.

Nota-se no Gráfico 3 que a temperatura média mensal registrada para o mês de fevereiro esteve perto dos 30 °C , enquanto a temperatura para o mês de julho foi de 16 °C. Entre o mês mais quente e o mês mais frio observou-se que a diminuição de temperatura perto de uma constante, o mesmo ocorrendo com o aumento da temperatura constante.

Comparando-se os Gráficos 1 e 3, e notou-se a relação da diminuição de temperatura interna do forno solar com a temperatura ambiente. Isso se deve a relação entre a incidência dos raios solares na superfície e da época do ano, formando assim o gradiente térmico.

Pode-se observar por meio destes ensaios, que o sol tem influência direta no cozimento dos alimentos no uso do forno solar, apesar de terem como desvantagem o tempo de cozimento dos alimentos, em relação aos fogões tradicionais, ambos só funcionam em dias

de sol, entretanto, pode-se mudar a posição para captar melhor a energia. O fato do vapor não escapar das panelas, combinando com o cozimento lento, a temperaturas baixas, aumenta o valor nutritivo dos alimentos e realça o sabor dos temperos.

Deve-se ressaltar que os horários mais adequados variam de acordo com a latitude e a época do ano. De maneira geral vale a regra que diz que o melhor horário para o uso do forno solar começa quando a sombra do seu corpo atinge o mesmo comprimento da sua altura. Quanto mais alto o sol, menor será sua incidência de luz gerando calor dentro do forno, outra forma de auxiliar no cozimento mais rápido dos alimentos, é aderindo a uma tampa espelhada onde os raios solares serão refletidos no alimento dentro do forno.

## **6. CONCLUSÃO**

Ao término do experimento pode-se concluir que o forno solar apresentou em cada ensaio plena viabilidade, facilidade de construção e locomoção, podendo ser levado de um local para o outro sem muita dificuldade. Embora revelado um cozimento mais lento em relação aos fogões tradicionais, apresenta vantagens na questão das vitaminas, as quais não são degradadas pelo cozimento lento do forno solar não sofrendo perda de água, além de não contribuir de forma alguma com a poluição, como a liberação de gases no efeito estufa (GEE). Contudo o forno solar não apresenta alto desenvolvimento em locais mais frios ou com abundância de chuvas, pois o forno é dependente de incidência considerada luz solar.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGRONEGÓCIOS e tecnologias. *Gazeta Mercantil*. 24 maio 2006, p. A-3

ALBANO, J. **Forno Solar Renovando o Futuro**. Acesso em 09 julho, 2011. Disponível em: < <http://br.geocities.com/fornosolar>>

BEZERRA, A.M. – **Aplicações Térmicas da Energia Solar** - 3ª Edição. Editora Universitária – UFPb – 1998.

CARBONO BRASIL. 15 abril 2009. Acesso em 29 junho. 2011. Disponível em: <[http://www.ciflorestas.com.br/conteudo.php?tit=fogao\\_solar\\_ganha\\_premio\\_de\\_melhor\\_criacao\\_ecologica&id=652](http://www.ciflorestas.com.br/conteudo.php?tit=fogao_solar_ganha_premio_de_melhor_criacao_ecologica&id=652)>

DELGADO, F.U; NETO, F; ARGENTIN, R. **Projeto Cozinha Solar**. Escola Técnica Conselheiro Antônio Prado – ETECAP, Curso Técnico em Meio Ambiente novembro de 2009.

**GRANDE, C. Fogão solar ganha prêmio de melhor criação ecológica**. 26 Agosto 2009. Acesso em 09 julho, 2011. Disponível em: < <http://forum.intonses.com.br/ecologia-f45/fogao-solar-ganha-premio-melhor-criacao-ecologica-t3086.html#p9206> >  
IPCC, (1995) – Climate Change 1995 – The Science of Climate Change – edited by

J.T Houghton; L.G. Meira Filho; B.A.Callander; N.Harris, K. Kattemberg and K. MENDES, T. **InfoEscola - Efeito Estufa**. 29 de junho 2007. Acesso em 27 jan. 2012. disponível em:<<http://www.infoescola.com/geografia/efeito-estufa/>>

OLIVEIRA, L.F.C; FERREIRA, R.C; ALMEIDA, R.A; LOBATO, E.J.V; MODEIROS, A.M.M. **POTENCIAL DE REDUÇÃO DO CONSUMO DE ENERGIA ELÉTRICA PELA UTILIZAÇÃO DE AQUECEDORES SOLARES NO ESTADO DE GOIÁS**. *Eng. Agríc., Jaboticabal, v.28, n.3, p.406-416, jul./set. 2008*.

PAULA, A. **Produção e Consumo de Energia**. 11 fevereiro 2006. Acesso em 15 julho, 2011. Disponível em: [http://www.notapositiva.com/trab\\_estudantes/trab\\_estudantes/fisico\\_quimica/fisico\\_quimica\\_trabalhos/prodconsenergia.htm](http://www.notapositiva.com/trab_estudantes/trab_estudantes/fisico_quimica/fisico_quimica_trabalhos/prodconsenergia.htm)>

PORTAL ENERGIA. **Vantagens e Desvantagens da Energia Solar**. 22 março 2009. Acesso em 09 julho, 2011. Disponível em: <[www.portal.energia.com](http://www.portal.energia.com)>

SALOMONI, S.M. – **O Forno Solar e a Questão da Pobreza**. sd. Acesso em 10 julho, 2011. Disponível em: [http://www.aprece.org.br/site/downloads/projeto\\_forno\\_solar\\_baixa\\_22851178125227.pdf](http://www.aprece.org.br/site/downloads/projeto_forno_solar_baixa_22851178125227.pdf)>

SANTOS, M. A. **INVENTÁRIO DE EMISSÕES DE GASES DE EFEITO ESTUFA DERIVADAS DE HIDRELÉTRICAS**. MARÇO DE 2000.

**SEXTO, H. Cientistas estudam lenda de espelho grego que queimava navios**. 30 de junho de 2010. *Disponível em:* < [http://professorherminio.blogspot.com/2010\\_06\\_01\\_archive.html](http://professorherminio.blogspot.com/2010_06_01_archive.html)>

SILVA, M. R. M. **“Projeto e Construção de um Fogão Solar”**, Projeto de Graduação do Curso de Engenharia Química da UFU, 2007.

SPONHEIM, T. **The Solar Cooking Archive**. 22 de novembro 2006. *Acesso em 29 junho. 2011. Disponível em:* < <http://solarcooking.org/portugues/solarcooking-faq-port.htm>>

TECNOLOGIA VERDE. **Forno utiliza energia solar para aquecer refeições**. 12 abril 2010. *Acesso em 29 junho. 2011. Disponível em:* < [http://www.ciclovivo.com.br/noticia.php/251/forno\\_utiliza\\_energia\\_solar\\_para\\_aquecer\\_refeicoes/](http://www.ciclovivo.com.br/noticia.php/251/forno_utiliza_energia_solar_para_aquecer_refeicoes/)>

UNEP, (1997) - **Climate Change - Information Kit, United Nations Environment Programme's Information Unit for Conventions** - January, 1997.

## 8. APÊNDICE

### 8.1 Junção do Material



### 8.2 Confecção do Forno



### 8.3 Junção das Caixas



### 8.4 Forno solar pronto

