



**XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social
Movendo Outras Engrenagens
Itajubá-MG, Brasil**

**Estudo para o desenvolvimento de um Restaurante Universitário
Solar - RUS**

Study for the development of a Solar University Restaurant - SUR

Paulo Mário Machado Araujo; Jorge Vieira dos Santos Junior; Wallas de Oliveira Santos; Isau de Souza Alves Junior

RESUMO

O presente artigo relata o desenvolvimento de um Restaurante Universitário Solar (RUS) que funcionará de forma híbrida, utilizando tanto a energia solar como também a energia proveniente da combustão do Gás Liquefeito de Petróleo - GLP. Assim, o objetivo principal é atender a demanda de refeições do restaurante universitário da Universidade Federal de Sergipe – UFS. Para isso, está sendo desenvolvido um sistema que capte a energia térmica emitida pelo Sol e a utilize na geração contínua de vapor com a finalidade de cozer os alimentos. Para um melhor desenvolvimento do projeto, este foi dividido em dois subsistemas, concentrador e reator, sendo o primeiro responsável por concentrar os raios solares e o segundo por usar a energia térmica concentrada para gerar vapor. Como resultados, obteve-se os parâmetros necessários para a construção desses componentes. Pretende-se oferecer uma opção sustentável ao uso do gás de cozinha, promovendo o uso da energia solar em detrimento ao uso do GLP.

Palavras-chave: Energia Solar. Fogão Solar. Produção de vapor. Restaurante Solar.

ABSTRACT

This project reports the development of a Solar University Restaurant - RUS that will operate in a hybrid way, integrating solar energy and the energy from the combustion of Liquefied Petroleum Gas (LPG), known like "cooking gas". The main objective is to supply the demand for meals at the university restaurant of the Federal University of Sergipe - UFS. For this, is being developed a system which captures the thermal energy emitted by the Sun and uses it in the continuous generation of steam for the purpose of cooking the food. For a better development of the project, it was divided in two subsystems, concentrator and reactor, being the first one to concentrate the solar rays and the second one to use the concentrated thermal energy to generate steam. As results, the necessary parameters for the construction of these components were obtained. It is intended to offer a sustainable option to the use of the Cooking gas, promoting the use of solar energy in detriment to the use of LPG.

Keywords: Solar energy. Solar cooker. Steam production. Solar Restaurant



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

INTRODUÇÃO

A utilização de técnicas para produção de energia que sejam menos agressivas a natureza e a crescente demanda por essa energia são uma necessidade de âmbito mundial. Existem diversas fontes energéticas que formam alternativas para suprir essa demanda, entre elas está o sol, que é a maior fonte energética existente a disposição do homem. A energia proveniente do sol é uma forma de energia limpa, gratuita e que pode ser diretamente utilizada, não precisando de nenhuma transformação para o seu aproveitamento. Entretanto, mesmo com muitos atributos, a energia solar ainda é pouco empregada quando comparada ao seu potencial. De acordo com dados da Agência Internacional de Energia (IEA), a geração solar poderá responder por cerca de 11% da oferta mundial de energia elétrica em 2050. Ainda segundo o estudo, no aquecimento direto (sem geração elétrica), o montante poderia chegar a um equivalente de 2% da energia mundial em 2050. (MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA - MME, 2016)¹.

A forma mais conhecida de produção de energia solar no Brasil é através do uso de placas fotovoltaicas, mas existe outra maneira conhecida como energia heliotérmica, que é, de certa forma, mais simples e economicamente viável a longo prazo do que a fotovoltaica. Esse tipo de obtenção de energia conta com a presença de espelhos ou lentes que concentram os raios solares no foco, onde fica localizado o receptor. O fluido transferidor de calor, armazenado no interior do receptor, é então aquecido para geração de vapor é utilizado para movimentar as pás de turbinas, que acionam um gerador e produzem energia elétrica.

O presente artigo pretende mostrar um pouco a evolução de um trabalho que vem sendo construído e coordenado pelo autor desse projeto desde meados de 2003 na Região Nordeste do Brasil, quando surgiu a ideia de utilizar o grande potencial Solar para a cocção de alimentos através do uso de fogões solares de baixo custo. O primeiro modelo desenvolvido com esse intuito foi o fogão tipo caixa, produzido com materiais diversos e de fácil acesso como madeira, metal, fibra de vidro ou isopor. A partir disso foram realizadas experiências denominadas de 'Cozinha Escola Experimental Solar' que os integravam a outros tipos de fogões solares. Com isso, foi-se possível obter um melhor rendimento e eficiência no preparo de aproximadamente 3.704 refeições durante um ano somente utilizando fogões solares. (FRANÇA, 2010)². Sendo assim, será apresentada mais uma etapa do desenvolvimento que começou com fogões tipo caixa, onde a pesquisa baseia-se na cozinha solar da Auroville Foundation (2008)³, na Índia, e visa adaptar o



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

restaurante da Universidade Federal de Sergipe - UFS fazendo com que este passe a operar de forma híbrida, utilizando tanto energia solar como também a energia proveniente da combustão do GLP, oferecendo assim uma opção sustentável ao uso deste gás do qual os gases expelidos na sua combustão são prejudiciais ao meio ambiente.

O projeto RUS visa atender a demanda de refeições do restaurante da UFS que é em torno de 2000 refeições diárias. Para isso pretende-se construir um sistema que concentre a energia dos raios solares para a geração contínua de vapor e promover o estudo e aplicação de energias renováveis tanto no ambiente universitário como em âmbito federal. Por questões estratégicas, o projeto foi dividido em dois subsistemas: concentrador e reator. O seu funcionamento se dá através da concentração dos raios solares, onde eles são direcionados para o reator através do concentrador esférico. O reator, por sua vez, contém no seu interior o fluido transferidor de calor, que é responsável por trocar calor com a água para geração de vapor e cozinhar os alimentos. A localidade onde a UFS está situada é propícia para a instalação de um sistema solar, pois possui uma quantidade de radiação solar considerável disponível durante todo ano.

DESENVOLVIMENTO

O sistema de captação de energia solar do restaurante é algo grandioso e para um melhor desenvolvimento desse sistema ele foi subdividido em dois subsistemas, concentrador e reator, que trabalham em conjunto e que são abordados a seguir.

Concentrador

Existem diversos tipos de concentradores solares, alguns possuem foco linear outros possuem foco puntiforme. A sua função, como o próprio nome sugere é convergir os raios solares que incidem sobre sua superfície para uma região denominada ponto focal.

Entre os concentradores de foco linear, estão citados o concentrador cônico desenvolvido por SHARAF (2002)⁴, concentrador solar parabólico-cilíndrico estudado por ÖSTÜRK (2004)⁵ e concentradores do tipo Fresnel, construído por FRANCO *et al.* (2004)⁶. Entre os concentradores solares de foco pontual têm-se o concentrador parabólico estudado por ABOU-ZIYAN (1998)⁷, e o concentrador parabólico de foco fixo citados nos trabalhos de OELHER & SCHEFFLER (1994)⁸, TYROLLER M. (2005)⁹. E por fim, procedimentos de testes com fogões solares



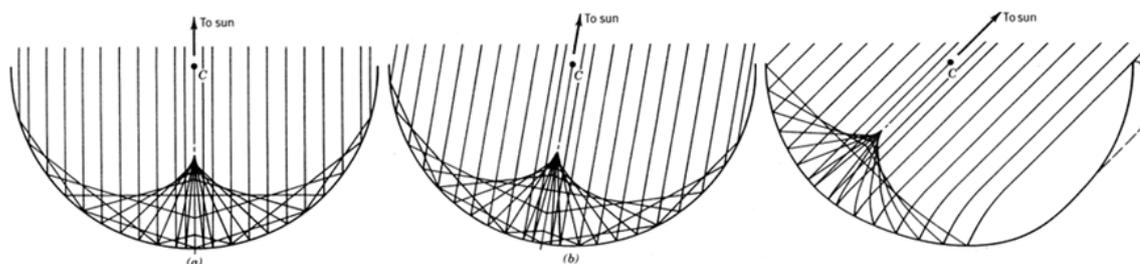
XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

realizados por FUNK (2000)¹⁰, e procedimentos de testes com concentradores solares MULLICK *et al.* (1991)¹¹ e KUMAR *et al.* (1996)¹².

O concentrador de geometria esférica é o objeto de estudo desse artigo, ele é originado de uma geometria denominada capa ou calota esférica, que é uma seção transversal em uma esfera oca (casca esférica).

O concentrador esférico concentra os raios solares que incidem sobre ele em um foco linear, diferentemente da maioria dos concentradores que possuem um foco pontual. Outra particularidade desse concentrador, característica esta que foi decisiva para escolha dessa geometria, é que não há a necessidade de movimentá-lo, o concentrador pode permanecer fixo durante a sua operação. Há, no entanto, a movimentação da linha de concentração ao longo da superfície do concentrador (POWER FROM THE SUN, 2016)¹³. Como pode ser observado na figura 1, a linha de concentração permanece praticamente uniforme com a movimentação do sol em relação a superfície do concentrador.

Figura 1: Concentrador solar esférico



Fonte: <http://www.powerfromthesun.net/Book/chapter09/chapter09.html>

Reator

O reator é um equipamento que possui o funcionamento baseado no esquema de um trocador de calor. O trocador de calor é uma máquina térmica que realiza transferência de energia térmica de um meio para o outro.

Os trocadores de calor são dispositivos nos quais duas correntes de fluido em movimento trocam calor sem se misturarem. A forma mais simples é o do tipo casca e tubo, ele é composto por dois tubos concêntricos de diâmetros diferentes. Um fluido escoar no tubo interno e o outro no espaço anular entre os dois tubos. Calor é transferido do fluido quente para o fluido frio por meio da parede que os separa. (ÇENGEL; BOLES, 2015, p. 238)¹⁴

O reator é dividido em duas estruturas que rotacionam junto ao seu eixo comum. Especificamente, um receptor de baixa concentração (de maior comprimento) e de alta concentração (menor comprimento e forma de um tronco de cone). O de baixa



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

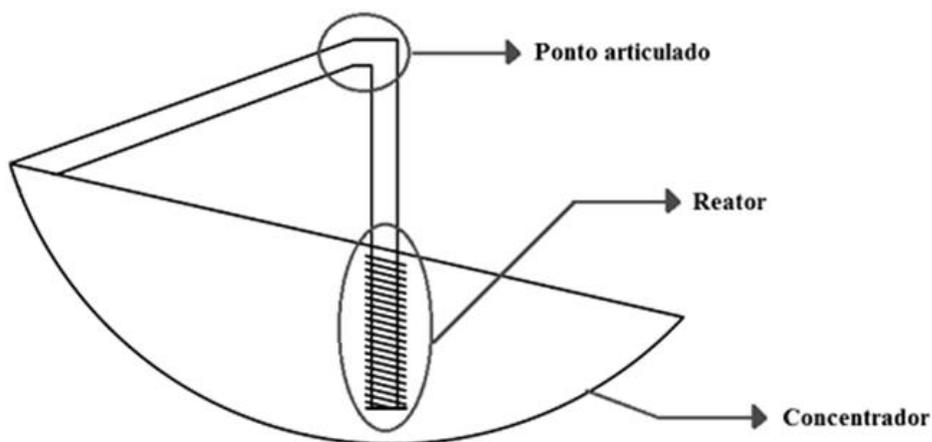
concentração possui duas extremidades opostas axialmente, sendo a extremidade inferior localizada próxima a superfície do espelho pela qual um fluido transferidor de calor é inserido. Já o receptor de alta concentração se localiza nas proximidades do foco axial e é separado por um espaço intermediário da extremidade superior do reator de baixa concentração.

A estrutura possui uma serpentina na qual o circula o fluido, onde a bobina cobre as paredes da cavidade e tem uma porta de entrada para o fluido localizado na extremidade inferior e uma porta de saída para o fluido na extremidade superior. O projeto disposto dessa forma, com um receptor de baixa concentração seguida por um receptor de alta concentração, possibilita a o pré-aquecimento do fluido de uma temperatura mais baixa até a desejada.

O Sistema

O Reator se encontra no foco axial do concentrador (localizado entre o centro e a superfície do espelho), ou seja, o foco é uma linha com a mesma direção do eixo que passa pelo centro do espelho e pelo centro do sol. Este foco é compreendido entre o sol e o centro do concentrador esférico solar. Como sistema de segurança, o reator possui uma escova metálica para parar os raios refletivos e evitar problemas de calor excessivo. Uma vez que a linha focal se move à medida que a posição relativa do Sol com a terra muda, o receptor linear deve poder se mover com dois graus de liberdade para melhor absorção dos raios solares (POWER FROM THE SUN, 2016)¹³. Sendo assim, faz-se necessário o uso de um ponto de articulação fixo ao centro do espelho, para que o eixo se mantenha sempre direcionado ao Sol.

Figura 2: Representação do sistema integrado



Fonte: Autor

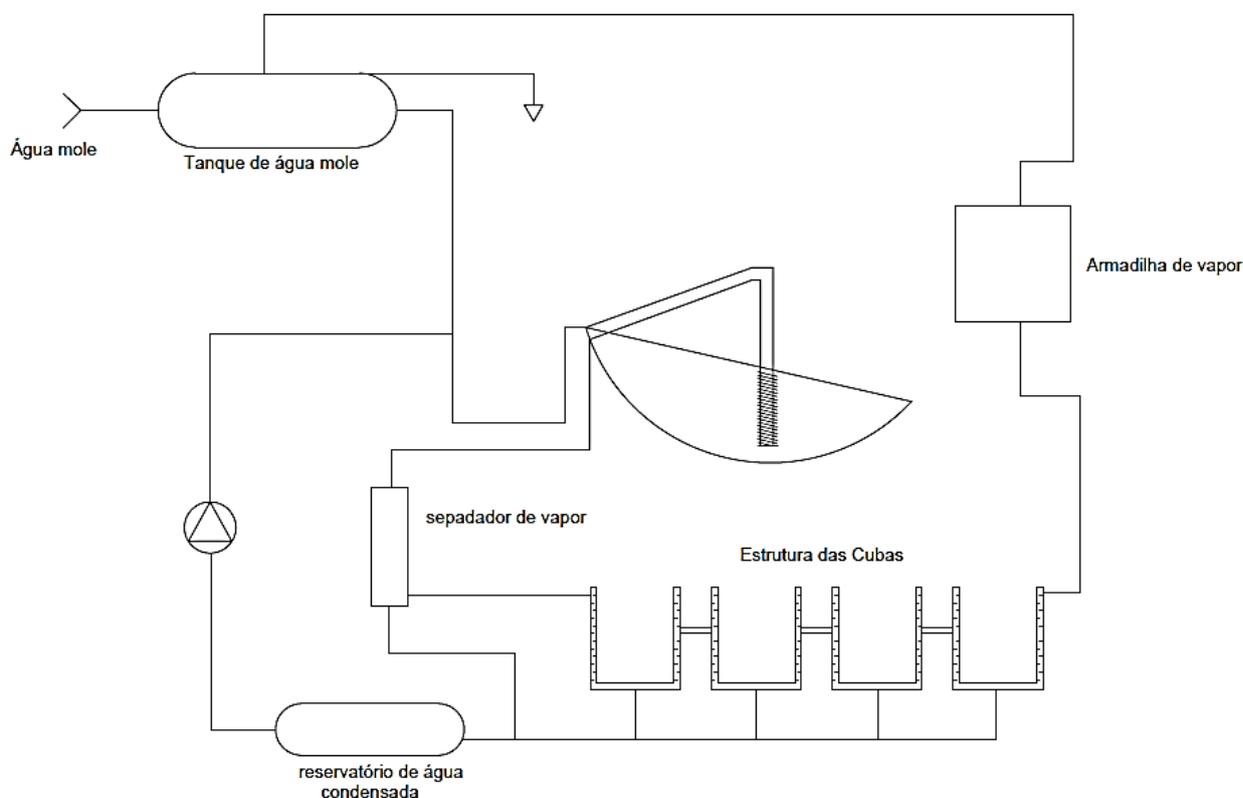
O fluido transferidor de calor presente no reator precisa ser armazenado em tanques para o abastecimento nas horas adequadas. O sistema é alimentado com



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

uma água tratada quimicamente, chamada de água amolecida, uma vez que a presença de cátions possibilita a reação com alguns ânions presentes no fluido, o que pode influenciar na corrosão ou formação de crostas no interior das tubulações, isso exigiria maior frequência de manutenção e, conseqüentemente, mais gastos. Essa água amolecida é produzida através de hidróxido de sódio e sulfito de sódio. Para que essa água circule no sistema de forma que passe pelo reator e retorne como vapor utiliza-se uma bomba. Esse vapor vai para um separador de vapor e depois para as panelas de aço inoxidável com duplo revestimento. O vapor passa entre a superfície externa e interna do recipiente perdendo calor para o alimento e retorna como água para o tanque de condensação, que alimenta o reator e recomeça o ciclo. A bomba é comandada por um motor de velocidade variável, o qual é controlado por um ajustador de quatro pontos dirigido pelo sinal de um sensor de temperatura – localizado na extremidade final da bobina no reator. Quando o reator esquenta após um certo limite, a bomba irá bombear mais rápido para fornecer mais água para gerar mais vapor na bobina do reator.

Figura 3: Representação do sistema



Fonte: Autor

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Demanda de energia térmica



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

A proposta do projeto RUS é atender a demanda de refeições do restaurante universitário da UFS que é em torno de 2000 refeições por dia. O primeiro passo seria calcular a energia térmica demandada. Entretanto, como o restaurante atualmente está operando de forma terceirizada não foi possível obter essa informação direto da diretoria do restaurante, pois a comida não está sendo produzida in loco. A saída encontrada para estimar a demanda energética foi utilizar dados de experimentos solares similares a proposta desse artigo.

Em virtude desses fatos, foram selecionados alguns experimentos realizados pelo mundo que possuem uma ideia de funcionamento similar a proposta do RUS, servindo estes como base de dados para dimensionamento do sistema. Considerando um concentrador solar de 15 m de diâmetro exposto a uma radiação solar de cerca de 1 kW / m² e uma radiação média diária global de 5.5kWh / dia / m², temos que nessas condições, a produção diária média gerada pelos experimentos seria a da tabela a seguir.

Tabela 1: Produção diária média

Experimento	Localidade/Ano	Quantidade de energia térmica
Crosbyton Bowl ¹⁵	USA -1980	470kWh/dia
PERICLES Bowl ¹⁶	França - 1980	477kWh/dia
Auroville Mini Bowl	Índia - 1982	419kWh/dia

Fonte: AUROVILLE FOUNDATION (2008)³

Fazendo uma média dos valores da terceira coluna temos que a quantidade de energia necessária seria em torno de 455,34 kWh/dia o que equivale a aproximadamente 600 kg de vapor por dia. Outra forma de encontrar a demanda energética seria utilizar a energia gerada por Auroville como base para o projeto RUS, por possuir uma produção de refeições/dia similar a do restaurante da UFS e um valor de latitude próximo ao da cidade de São Cristóvão, cidade em que está sendo realizado o estudo. Auroville possui latitude de 12°00'20" N enquanto a de São Cristóvão é 11° 00' 53" S (AUROVILLE – THE CITY OF DOWN)¹⁷, o que corresponde a menos de um grau de diferença entre as duas localidades se desconsiderarmos que estamos em hemisférios diferentes. Como a radiação solar é praticamente a mesma em uma dada latitude seja ela no hemisfério norte ou sul, poderíamos utilizar a demanda energética de Auroville como uma boa aproximação.

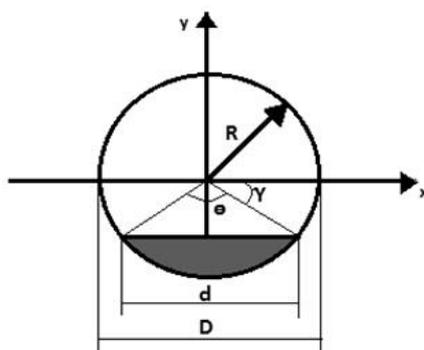
Concentrador



**XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social
Movendo Outras Engrenagens
Itajubá-MG, Brasil**

A partir das considerações feitas anteriormente sobre as dimensões do tamanho da bacia foi possível calcular outros parâmetros necessários à sua construção. Na figura 4, a área cinza representa o concentrador esférico. Para a obtenção do ângulo de abertura, altura e área foram realizados os passos descritos a seguir.

Figura 4: Projeção em 2D do sistema



Fonte: Autor

O diâmetro d é de 15m. O raio que dá origem ao concentrador é $D/2$ (R), e não $d/2$ (r), pois a figura em questão é uma calota e o raio que dá origem a sua curva é R e não r . O ângulo de abertura (θ) deve ser de 120° (AUROVILLE FOUNDATION, 2008)³. Estudos comprovaram que um ângulo menor que 120° causaria a redução da área coletora de raios solares, enquanto que um ângulo maior que 120° criaria muita sombra no início da manhã e no final da tarde. Assim, conforme a figura 4 temos que:

$$\theta = 120^\circ \quad (1)$$

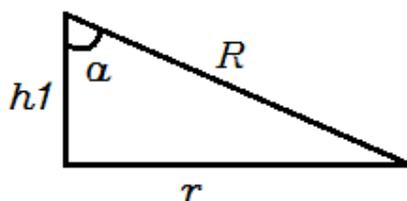
$$\alpha = \frac{\theta}{2} \Rightarrow \alpha = 60^\circ \quad (2)$$

$$\gamma = 30^\circ \quad (3)$$

$$\frac{d}{2} = R \rightarrow R = 7,5m \quad (4)$$

Com os dados das equações acima, além de equações de geometria plana e as relações de um triângulo, chegou-se aos seguintes resultados:

Figura 5: Representação de um triângulo retângulo



Fonte: Autor



**XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social
Movendo Outras Engrenagens
Itajubá-MG, Brasil**

$$\sin 60^\circ = \frac{7,5}{R} \Rightarrow R = \frac{7,5}{\sin 60^\circ} \Rightarrow R = 8,66m \quad (5)$$

$$\tan 60^\circ = \frac{7,5}{h_1} \Rightarrow h_1 = \frac{7,5}{\tan 60^\circ} = 4,33m \quad (6)$$

$$h_2 = h_1 - r = 4,33m \quad (7)$$

Assim, tem-se os seguintes dados para a construção do concentrador:

- O raio de curvatura da calota é R
- O diâmetro da calota é d
- A altura da calota é h_2

Reator

O reator é composto por um reator de baixa concentração e um de alta concentração. Todo ele é envolto por uma serpentina na qual circula o fluido, onde ela cobre as paredes da cavidade e tem uma ponta de entrada para o fluido localizado na extremidade inferior e uma porta de saída para o fluido na extremidade superior. Authier (1979)¹⁸ destaca que o diâmetro da extremidade inferior (d) de alta concentração é 0,05 a 0,06 vezes o raio R de curvatura do espelho. Esta extremidade inferior é localizada a uma distância do centro do espelho que está entre 0.54R e 0.57R.

A princípio, foi necessário determinar o foco paraxial do espelho esférico (F), o qual se define pela distância entre o centro do espelho O e a superfície dos espelhos da bacia esférica, que é ligeiramente maior do que a metade do R (raio), como é possível observar nas equações a seguir:

$$F = d > \frac{1}{2} \times R \quad (8)$$

$$F > \frac{R}{2} \quad (9)$$

$$0,05R > R < 0,06R \quad (10)$$

A partir da obtenção do foco foi-se possível determinar os critérios óticos para melhor aproveitamento dos raios solares refletidos, tais como: o comprimento axial, comprimento do Reator de alta concentração, diâmetro máximo do reator de alta concentração, diâmetro mínimo do reator de alta concentração, comprimento do reator de baixa concentração, diâmetro do reator de baixa concentração, distância do reator dos espelhos do concentrador esféricos solar e espessura das chapas utilizadas na formação das mangas, onde esta tem por função manter o reator em linha reta.

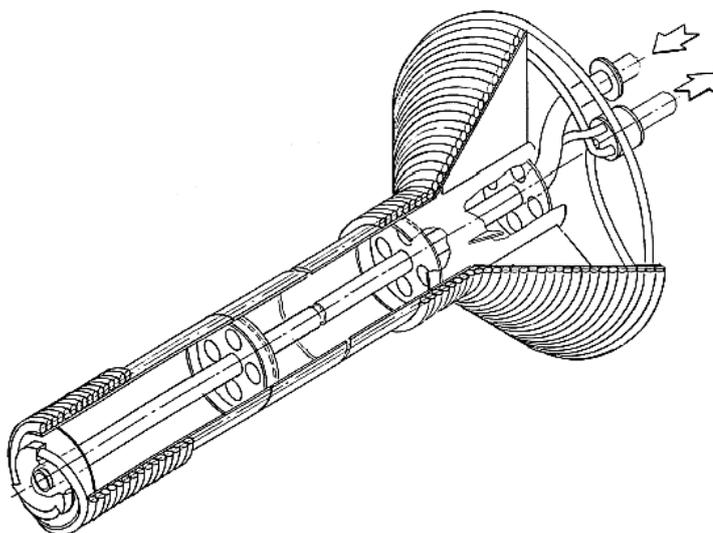


XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

O receptor é um equipamento relativamente fino quando comparado ao seu comprimento, para que ele não se incline quando estiver em funcionamento, devem ser utilizados reforços chamados stiffeners, que formam uma manga boa o suficiente para o receptor permanecer em linha reta, pois qualquer deformação seria prejudicial para o seu funcionamento e captação da radiação solar.

A bobina, como já dito anteriormente, é a parte envolta à parede da estrutura rígida do reator. Ela será feita a partir de tubos sem costura. Eles são dobrados sem sofrer deformação desde que sua espessura mínima seja de 1,5 mm e seja preenchido com areia antes de serem dobrados, para evitar que se rompam.

Figura 6: Vista isométrica da bobina no reator



Fonte: AUROVILLE FOUNDATION (2008)³

CONCLUSÃO

O estudo para o desenvolvimento de um Restaurante Universitário Solar – RUS, conseguiu coletar dados necessários para o dimensionamento do sistema de captação de energia solar visando a demanda de 2000 refeições diárias do Restaurante Universitário da UFS. Entretanto, isso depende principalmente das condições climáticas, sendo por essa razão que o sistema de cozimento será híbrido, ou seja, utilizará gás de cozinha convencional quando a formação de vapor por energia solar não for suficiente.

O cozimento a vapor é saudável, rápido, limpo, seguro, eficiente, econômico e como reduz o consumo de derivados de petróleo, prejudica menos o Meio Ambiente. Todo o vapor produzido pelo sistema será utilizado para a cocção dos alimentos, na esterilização dos recipientes e no aquecimento da comida servida em “Banho-Maria”.



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social Movendo Outras Engrenagens Itajubá-MG, Brasil

Esse sistema híbrido proporciona diversas vantagens em comparação com o cozimento comum. As experiências realizadas com a Cozinha Escola Experimental Solar (FRANÇA, 2010)² mostraram que, usando o vapor, a comida não queima, já que cada recipiente tem a temperatura um pouco acima de 100°C, diferente do convencional que atinge 300°C, queimando a parte inferior do alimento. Se não queima o alimento, é mais fácil de realizar a limpeza nas panelas. É saudável pois seu valor nutritivo não é reduzido. É mais seguro, não há chama para aquecer as panelas nem fumos, evitando acidentes e riscos à saúde dos colaboradores. E como há uma melhor distribuição de calor no cozimento, é mais eficiente. Além do sistema não necessitar de alta pressão e alta temperatura.

Há uma possibilidade efetiva do aproveitamento dos resultados do projeto no setor produtivo e na aplicabilidade do projeto em outros locais, como em escolas, hospitais e a implantação em restaurantes populares, isto proporcionará a produção de alimentos de baixo custo. Com a substituição de parte do GLP no cozimento pela energia solar, haverá clara economia. Em valores relativos, essa redução parecerá pequena, porém, considerando a cocção em escala industrial proposta, seus valores absolutos serão bastante consideráveis. Além disso, a diminuição de gases expelidos na queima do GLP – como o dióxido de carbono – é considerável e mostra o projeto como exemplo de sustentabilidade. Para isso, o grupo responsável pretende dar continuidade no desenvolvimento do projeto, buscando maneiras de encontrar formas alternativas de arrecadar fundos para seu desenvolvimento. Além disso, faz-se necessário uma efetiva ação do poder público em dois sentidos: em primeiro lugar, no investimento em pesquisa tecnológica para o desenvolvimento de tecnologias apropriadas para a realidade das regiões no Brasil e que atenda as demandas energéticas da população.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA – MME. Disponível em: <<http://www.mme.gov.br/documents/10584/3580498/17+++Energia+Solar++Brasil+e+Mundo++ano+ref.+2015+%28PDF%29/4b03ff2d-1452-4476-907d-d9301226d26c?version=1.3>>. Acesso em 11 Set, 2017.
- 2 FRANÇA, A.P.D.F; **Cozinha Escola Experimental Solar: Um possível caminho para o futuro**. Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão - SE, 2010.
- 3 AUROVILLE FOUNDATION. **Solar Bowl Concentrator for community scale steam cooking**. AUROVILLE – India. May 2008.



**XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social
Movendo Outras Engrenagens
Itajubá-MG, Brasil**

- 4 SHARAF, E.; **A new design for an economical, highly efficient, conical solar cooker**, *Renewable Energy*, 27 (1), p. 599 - 619, 2002;
- 5 ÖZTÜRK, H. H.; **Experimental determination of energy and exergy efficiency of the solar parabolic-cooker**, *Solar Energy*, 77, p. 67 – 71, 2004;
- 6 FRANCO, J.; CADENA, C.; SARAVIA, L.; **Multiple use communal solar cookers**, *Solar Energy*, 77, p. 217 – 223, 2004;
- 7 ABOU-ZIYAN, H.Z. **Experimental investigation of tracking paraboloid and box solar cookers under Egyptian environment**, *Applied Thermal Engineering*, 18(1), p. 1375 – 1394, 1998.
- 8 OELHER, U.; SCHEFFLER, W.; **Rapid Publication: The use of indigenous materials for solar conversion**, *Solar Energy Materials and Solar Cells*, 33, p. 379 – 387, 1994.
- 9 TYROLLER, M. **Introduction to the revolutionary design of Scheffler Reflectors**. *SCIs International Solar Cooker Conference 2006*, 21, Granada, Spain, 2006.
- 10 FUNK, A. P.; **Evaluating the international standard procedure for testing solar cookers and reporting performance**, *Solar Energy*, 68(1), p. 1 – 7, 2000
- 11 MULLICK, S C; KANDPAL, T C; KUMAR S; **Thermal test procedure for a paraboloid concentrator solar cooker**, *Solar Energy*, 46(3), p. 139 – 144, 1991.
- 12 KUMAR S; KANDPAL, T C; MULLICK, S C; **Experimental test procedure for determination of the optical efficiency factor of a paraboloid concentrator solar cooker**, *Renewable Energy*, 7(2), p. 145 – 151, 1996.
- 13 POWER FROM THE SUN. **Concentrating Collectors**. Conteúdo disponível em: <<http://www.powerfromthesun.net/Book/chapter09/chapter09.html>>. Acesso em 10 Jun. 2016
- 14 ÇENGEL, Yunus A.; BOLES, Michael A. **Thermodynamics: An Engineering Approach**. New York, NY. 8th Ed. 2015
- 15 J.D. Reicher, **'The Crosbyton solar power project, Fixed spherical mirror / Tracking receiver**, Texas tech. university, Lubbock, Texas. 1982
- 16 B.Authur, Lecolecteur spherique fixe, **Mini – PERICLES, Revue internationale d'Helio technique**, 1er semestre, 1982.
- 17 AUROVILLE – THE CITY OF DOWN. Disponível em: <<https://www.auroville.org/contents/1154>>. Acesso em 12 Set. 2017



XIV Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social
Movendo Outras Engrenagens
Itajubá-MG, Brasil

18 AUTHIER, B. F. **Solar Energy Collector**. Agence Nationale de Valorisation de la Recherche (ANVAR), Neuilly-sur-Seine, France. Oct. 16, 1979.