

APLICAÇÃO DE UM CONCENTRADOR SOLAR TIPO SCHEFFLER PARA O PREPARO DE PÃES

Pedro Henrique Campello Santos - pedro_campello@hotmail.com

Renan Tavares Figueiredo - renan_figueiredo@itp.org.br
Universidade Tiradentes, ITP – LCEM, NEREES/SergipeTec

Luciete da Paixão Souza - luciete_paixao@hotmail.com

Waldiney Giacomelli – waldineyunit@gmail.com
Universidade Tiradentes, ITP – LCEM

Ricardo Luiz Cavalcanti de Albuquerque Junior – ricardo_albuquerque@unit.br
Instituto de Tecnologia e Pesquisa, Laboratório de Morfologia e Biologia Estrutural

Alvaro Silva Lima - alvaro_lima@itp.org.br

Instituto de Tecnologia e Pesquisa, Laboratório de Pesquisa de Alimentos

Érick Alfred Dib-erickadib@gmail.com

Universidade de São Paulo, Departamento de Eng. Mecânica

Resumo. Neste trabalho, um concentrador solar tipo Scheffler foi aplicado no preparo de pães. Este concentrador tem 2,7 m² e utiliza espelhos como material reflexivo. Ele possui a característica de manter o foco fixo e paralelo ao chão permitindo que o absorvedor esteja ao abrigo da sombra. O forno foi construído com chapas de aço e isolado termicamente com lã de vidro. O forno atingiu a temperatura máxima de 209 °C. Foram preparadas três amostras de pães que foram assados em tempos distintos. Os pães foram caracterizados e avaliados através de análise sensorial.

Palavras-chave: Energia solar, Concentrador solar, Geração de calor.

1. INTRODUÇÃO

Na busca pela descentralização da matriz energética mundial a energia solar aparece como importante opção além de estar disponível, inclusive, em locais remotos onde a instalação de fontes tradicionais de energia é de alto custo. Em comparação com energias provenientes de hidroelétricas, usinas nucleares, carvão mineral e vegetal, entre outras, a energia solar demonstra grandes vantagens, tais como baixo impacto ambiental e processos não poluentes (Goic et al., 2010). Os equipamentos utilizados para aproveitamento da energia solar necessitam de menos manutenção em relação a outros.

No presente trabalho foi aplicado um concentrador solar tipo Scheffler com 2,7 m² de área refletora. Este concentrador solar possui dois graus de liberdade, um para movimentação diária, a fim de acompanhar o movimento aparente do sol em relação à Terra e outro para ajuste da sazonalidade. Este tipo de concentrador possui a vantagem de manter o foco fixo e na posição frontal ao refletor, com isso o forno a ser aquecido pode ficar localizado na sombra. Os pães foram caracterizados quanto a umidade, volume específico, porosidade, textura, análise sensorial e intenção de compra.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

O Concentrador Solar Scheffler foi construído de modo que seu eixo de rotação fosse paralelo ao eixo polar da Terra, portanto, com a mesma latitude do local de realização dos experimentos (Aracaju/SE, 10°51' ao sul). A Fig 1 mostra o concentrador solar de foco fixo construído neste trabalho.

O forno foi construído com chapas de aço e lã de vidro como isolante entre as paredes internas e externas, exceto na parede traseira, que possui uma chapa preta (para conversão de energia solar em energia térmica) e vidro (para geração de efeito estufa). As dimensões internas do forno são 25 cm de comprimento, 25 cm de largura e 25 cm de altura. O forno foi construído em aço com isolamento térmico de lã de vidro. A Fig. 2 mostra o forno solar recebendo o foco gerado pelo concentrador solar de foco fixo.

Neste trabalho, um concentrador solar tipo Scheffler foi aplicado para o preparo de pães através do aquecimento de um forno. Durante os testes foram monitoradas as seguintes variáveis: temperatura interna do forno, temperatura ambiente, velocidade do vento e umidade relativa do ar.



Figura 1 - Concentrador solar tipo Scheffler

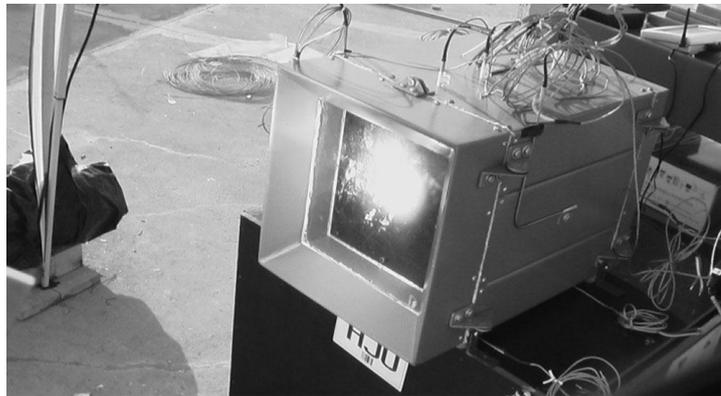


Figura 2 - Forno solar recebendo o foco do concentrador.

A formulação dos pães foi a seguinte: 500 g de farinha de trigo, 500 g de farinha de trigo integral, 50 g de fermento biológico, 15 g de sal, 500 mL de água morna, 20 g de açúcar. Primeiro foram misturados a água morna, o fermento e o açúcar. Essa mistura descansou 30 minutos para permitir o início da fermentação. Em seguida foram adicionados o sal e a farinha até obter o ponto da massa (Meyer, 1986). A massa foi dividida em 3 partes iguais após descansar 15 minutos. Cada parte foi modelada manualmente e colocada em fôrmas individuais e cobertas com papel alumínio para evitar que a camada superior dos pães perdesse umidade antes de serem assados. As fôrmas ficaram expostas ao sol por 10 minutos a uma temperatura de 30 °C e em seguida levadas ao forno pré-aquecido. A primeira fôrma foi retirada após 60 minutos, a segunda com 80 minutos e a terceira após 100 minutos. Em seguida foram realizadas as caracterizações.

A avaliação da perda de umidade dos pães foi realizada em duplicata, retirando-se uma amostra de 2 – 3g de cada pão. As amostras foram colocadas em estufa a 105 °C durante quatro dias, realizando pesagens diariamente até atingir peso constante. Para a determinação do volume específico foi retirada 1g de cada amostra em forma de cubo que foi colocada em um recipiente de volume conhecido contendo sementes de painço. Por meio do deslocamento das sementes foi determinado, com três repetições, o volume de cada pedaço que foi expresso em cm^3/g e obtido pela razão entre o volume e massa dos pães (Moscatto et al. 2004).

Para determinar a porosidade do miolo foi retirada uma fatia de cada amostra de pão, com espessura de 1,5 cm. Estas fatias foram fotografadas com uma câmara digital de 7.1 Mega pixels no microscópio Nikon, modelo SMZ800. A porosidade do miolo do pão foi analisada com o software específico, *E.A.R. Research Project*, para determinar os parâmetros alveolares: área (mm^2), diâmetro médio (mm) e perímetro (mm). Para tanto, as imagens geradas fizeram o preenchimento de todos os poros para determinação da área de cada alvéolo. Em seguida foi determinada a área total através do preenchimento de toda imagem.

O perfil de textura foi determinado através do método instrumental denominado “Teste de Dupla Compressão”, utilizando o Analisador de Textura TA-XT2 (SMS) conforme o método AACC (74-09). Para os pães, foram utilizados os parâmetros: força em compressão, testspeed 1,0 mm/s, trigger force 5g, type auto, post-testspeed 10 mm/s, distance

20 mm, force 5g, acquisition 250 pps. As curvas foram plotadas no Origin8 e as análises foram realizadas no mesmo dia da fabricação.

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A presença de nuvens influenciou o fluxo de radiação solar para o concentrador e, conseqüentemente, a quantidade de calor gerado pelo foco. A Fig. 3 mostra as variações da temperatura durante o aquecimento do forno. Outro fator que causou variação da temperatura no interior do forno foi a abertura do mesmo para retirada das formas. Os valores mínimo e máximo da temperatura interna do forno solar durante o cozimento dos pães foram de 150 °C e 209 °C e a velocidade do vento foi de 1,4 m/s e 6,8 m/s, respectivamente. A velocidade média do vento durante o ensaio foi de 3,8 m/s. No mesmo período a temperatura ambiente se manteve entre 30,7 e 31,7°C e a umidade relativa do ar entre 62 e 65%. Os dados foram coletados durante o ensaio, que teve início às 11h25min e término às 14h00min.

O cálculo de desempenho de sistemas com concentradores parabólicos depende principalmente de dois parâmetros: eficiência óptica e fator de perda de calor. O fator de perda de calor depende da temperatura interna do forno, velocidade do vento, área superficial do forno e a orientação do refletor (Mullick et al., 1991).

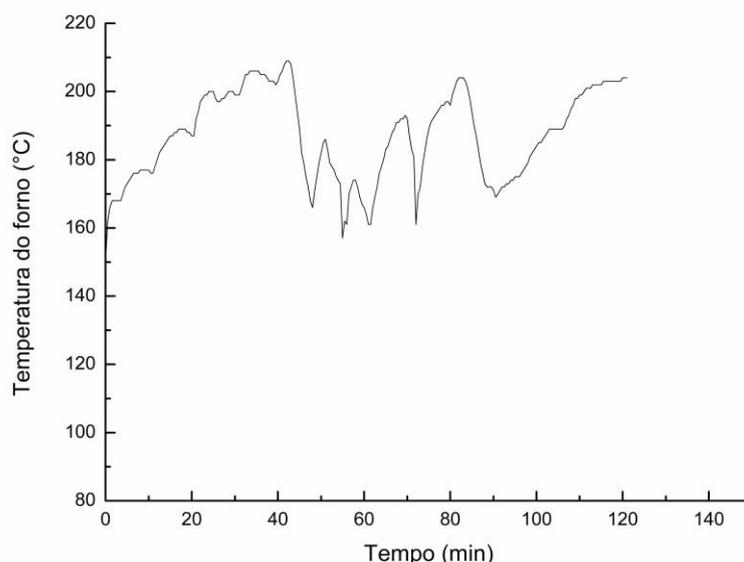


Figura 3 - Temperatura interna do forno durante o experimento para verificar o tempo de cozimento dos pães

3.1. Composição da umidade dos pães

A perda de umidade durante quatro dias foi de 25%; 37%, 27% para os pães cozidos por 60, 80 e 100 minutos, respectivamente, à temperatura por volta de 150 e 200 °C. Em pães tradicionais, a umidade situa-se em valores próximos a 30% e em torradas, em torno de 5% (Esteller et al., 2004). Os valores obtidos na análise de perda de massa para os pães com 60 e 80 minutos, perda e ganho de umidade para o pão assado em 100 minutos, são apresentados na Tab. 1. Essa variação com o pão de 100 minutos ocorre continuamente, de uma região para outra, como forma de equilíbrio dinâmico entre os componentes e o meio (Labuza & Hyman, 2008).

Tabela 1 - Perda diária de umidade do pão.

Tempo (dia)	Pão (60 min)	Pão (80 min)	Pão (100 min)
0	2,0015	2,0018	2,0003
1	0,64685	0,6775	0,64925
2	0,6487	0,68145	0,6512
3	0,64825	0,68355	0,6516
4	0,65185	0,685	0,6547
Perda de massa (g)	0,005	0,0075	0,00545
Perda de massa (%)	25	37	27

3.2. Caracterização dos pães

Volume específico do miolo do pão. O pão assado por 80 minutos no forno solar apresentou maior volume específico, $0,33 \text{ cm}^3/\text{g}$ e o pão assado por 60 minutos no forno solar apresentou menor volume específico, $0,2 \text{ cm}^3/\text{g}$. O volume do pão geralmente é diretamente proporcional ao conteúdo de proteína bruta (Bushuk, 1985). Observam-se nas amostras em estudo, diferentes volumes específicos, variando sobre influência do tempo de exposição ao calor. O volume específico dos pães variou na seguinte ordem de grandeza, com $60 < 100 < 80$ minutos. A amostra processada por 60 minutos apresentou menor volume específico, provavelmente, devido ao fato da massa apresentar-se mais pesada e conseqüentemente impedindo a expansão dos gases formados pelo fermento.

Porosidade do Miolo do Pão. Em termos de porosidade, a quantidade e o volume dos alvéolos estão diretamente relacionados com a formulação e o processo de obtenção do pão. Como a massa não é líquida, tendem a criar, após assadas, alvéolos pequenos (Esteller et al., 2005). Para os pães formulados neste trabalho, foi observado que a área, perímetro e diâmetro médio para os alvéolos dos pães, variaram em diferentes tempos de cozimento, conforme a Tab. 2.

Tabela 2 - Característica da porosidade do miolo (alvéolos) dos pães assados no forno solar em 3 temperaturas diferentes: 60, 80 e 100 minutos.

Características	Pão (60 min)	Pão (80 min)	Pão (100 min)
Perímetro mín.(mm)	4,091	4,706	5,011
Perímetro médio (mm)	8,453	10,718	8,853
Perímetro máx.(mm)	11,979	14,166	12,794
Área mín. (mm^2)	1,777	3,111	4
Área média (mm^2)	32,373	83,68	38,95
Área máx. (mm^2)	130,555	255,333	169,888
Diâmetro mín. (mm)	1,303	1,498	1,596
Diâmetro médio (mm)	2,692	3,413	2,819
Diâmetro máx. (mm)	3,815	4,511	4,074
Volume esp. (cm^3/g)	0,23	0,33	0,2

O pão com 80 minutos apresentou área para o maior pico. A força do pico para este pão também foi maior que os pães com 60 e 100 minutos.

Determinação da Textura dos Pães. A crocância da amostra está associada à força máxima sobre a fatia. A amostra que apresentou maior crocância, maciez e dureza foi a assada em 80 minutos. A Tab. 3 apresenta os resultados de parâmetros de qualidade do pão obtidos através da análise de textura.

Tabela 3 - Parâmetros de qualidade dos pães.

Parâmetros	Pão (60 min)	Pão (80 min)	Pão (100 min)
Maciez	11589,7 g.s	26928,3 g.s	14051,8 g.s
Crocância	216,9 g/s	521,7 g/s	208,3 g.s
Dureza	2562,1 g	6150,2 g	2459,2 g

3.3. Análise Sensorial

Análise de aceitação dos pães. A Tab. 4 apresenta as médias e os dados obtidos na análise sensorial de aceitação dos pães formulados. O pão cozido com 80 minutos apresentou as melhores notas na análise sensorial para aparência, aroma, textura e impressão global, entretanto a melhor nota para sabor foi o pão cozido com 100 minutos.

Tabela 4 - Notas sensoriais de aceitação para os pães assados em forno solar.

Parâmetros	Pão (60 min)	Pão (80 min)	Pão (100 min)
Aparência	6,966 ± 1,711	7,4 ± 1,734	7,166 ± 1,723
Aroma	6,633 ± 1,496	7,166 ± 1,662	7,066 ± 1,574
Sabor	6,766 ± 1,755	7,066 ± 1,998	7,2 ± 1,689
Textura	7,433 ± 1,735	7,466 ± 1,756	7,266 ± 1,740
Impressão Global	6,966 ± 1,564	7,266 ± 1,799	7,233 ± 1,675

*Médias quanto à aceitação dos pães e o Desvio Padrão.

A Tab. 5 apresenta a avaliação percentual da intenção de compra dos provadores dos pães assados no forno solar.

Tabela 5 - Avaliação em porcentagem da intenção de compra dos provadores.

Amostras	Intenção de Compra (%)				
	A	B	C	D	E
Pão (60 min)	27	57	10	6	0
Pão (80 min)	64	20	10	6	0
Pão (100 min)	33	47	10	10	0

*Porcentagem quanto à intenção de compra dos provadores. A - Eu certamente compraria este produto; B - Eu provavelmente compraria; C - Não sei se compraria este produto; D - Eu provavelmente não compraria este produto; E - Eu certamente não compraria este produto.

Percebe-se que os provadores provavelmente comprariam os pães assados em 60 minutos e certamente comprariam os assados em 80 minutos. É essencial o conhecimento das características sensoriais de um produto tão consumido quanto o pão, pois o melhoramento da qualidade do produto representa uma oportunidade de agregar valor de mercado aos produtos (Wrigley, 1994).

Por meio da Fig. 4, observa-se o aspecto dos pães produzidos neste trabalho exclusivamente com aquecimento solar.



Figura 4 - Pães assados no forno solar.

4. CONCLUSÕES

Concentradores solares são equipamentos muito promissores no ramo energético e esse trabalho demonstrou claramente que é possível chegar a elevadas temperaturas em um forno através da energia solar.

A construção do concentrador solar de foco fixo deste trabalho foi, relativamente, de grande complexidade, exigindo precisão para um bom resultado no tamanho do foco. Mas apesar de ter uma construção complexa, esse modelo de concentrador solar demonstrou possuir fortes vantagens em relação a outros modelos, como a característica de manter o foco sempre fixo no alvo e de o foco se situar frontalmente ao concentrador, possibilitando inúmeras utilizações. Os materiais utilizados para a construção do concentrador solar de foco fixo foram encontrados com facilidade em Aracaju – SE e a sua construção foi feita com precisão, obtendo-se um bom tamanho de foco.

O teste para preparo de pães via energia solar apresentou resultados satisfatórios, tendo em vista que o forno-mufla não foi construído para esse propósito. Este trabalho apresenta uma possível solução para minimizar a queima de combustíveis para geração de calor e processamento de alimentos. Ficou demonstrada a possibilidade de cozimento de alimentos utilizando uma fonte limpa de energia, o Sol.

REFERÊNCIAS

- Bushuk, W. *Cereal Foods World*. 1985, v.30, n.7, 447-451.
- Esteller, M.S.; Yoshimoto, R.M.O.; Amaral, R.L.; Lannes, S.C.S. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*, 2004, n. 24, v. 4, 602-607.
- Esteller, M. S.; Junior, O. Z.; Lannes, S. C. S. *Revista Brasileira de Ciências Farmacêuticas*. 2005, 42, 447-454.
- Goic, R.; Gnasambandam, M. T.; Siniyaw. *Renewable and Sustainable Energy*, 2010, 14, 312-322.
- Labuza, T.P.; Hyman, C. R. *Trends Food Sci. Technol.* 1998, 9, 47-55.
- Meyer, R. C. A. *Em Pães Naturais*. Editora Ground, 2^a ed., 1986.
- Moscatto, J. A.; Prudencio-Ferreira, S. H.; Haully, M. C. *Ciência e Tecnologia dos Alimentos*, 2004 24, 634-640.
- Mullick, S C; Kandpal, T C; Kumar S. *Solar Energy*, 1991, 46, 139 – 144.
- Wrigley, C.W. *Aust. J. of Agricultural Research*. 1994, 45, 1-17.

Agradecimentos

À Universidade Tiradentes, ao Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ao FINEP e à FAPITEC.

APPLICATION OF A SCHEFFLER SOLAR CONCENTRATOR FOR PREPARATION OF BREADS

Abstract. *In this work, a Scheffler solar concentrator was applied in the preparation of breads. This concentrator has 2.7 m² and uses mirrors as reflective material. It possesses the characteristic of keeping the focus locked and parallel to the floor allowing the absorber stay under shade. The oven was built with steel plates and was insulated with glass wool. The oven reached the maximum temperature of 209 °C. Three samples of bread were baked at different times. The breads were characterized and evaluated by sensory analysis.*

Keywords: Solar energy, Solar concentrator, Heat generation.