7ª JORNADA CIENTÍFICA E TECNOLÓGICA DO IFSULDEMINAS
4º SIMPÓSIO DE PÓS-GRADUAÇÃO
12 de novembro de 2015 | Poços de Caldas - MG

A TRANSFERÊNCIA DE CALOR NO PROCESSO DE COMBUSTÃO PARA ASSAMENTOS DE PÃES

Roberto L. de AZEVEDO[1]; Richard K. OLIVEIRA[2]; Caroliny P. dos SANTOS[3]; Edson R. S. LEITE[4]; Renato A. C. OLIVEIRA[5]

RESUMO

Objetivo deste trabalho foi analisar a transferência de calor entre o combustor, a câmara de assamento e destes para o interior da massa de pão em um forno que utilizou gás e pellets do resíduo de soja como combustível. Para avaliar o fluxo de calor gerado foram utilizados termopares tipo K no combustor e em três pontos no interior do forno. Os pellets proporcionaram maior transferência de calor do combustor para a câmara de assamento e para a massa de pão.

INTRODUÇÃO

A biomassa destaca-se entre as fontes renováveis para produção de energia. Além do produto principal da biomassa extraído para fins energéticos, a utilização dos resíduos lignocelulósicos representam uma alternativa para aumentar a eficiência do processo e destinar corretamente os materiais residuais.

No cenário brasileiro, a dependência de fontes não renováveis para geração de energia difere do restante do mundo, em que há uma participação de 41% de fontes renováveis na oferta interna de energia (ELETROBRÁS/PROCEL

[1] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Machado. Machado/MG - E-mail: roberto.azevedo@ifsuldeminas.edu.br

[2] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Machado. Machado/MG - E-mail: richard_kennedy97@yahoo.com.br

[3] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Machado. Machado/MG - E-mail: carolinypereira85@hotmail.com

[4]Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Machado. Machado/MG - E-mail: edson.leite@ifsuldeminas.edu.br

[5] Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Sul de Minas Gerais – Câmpus Machado. Machado/MG - E-mail: renato.candido@ifsuldeminas.edu.br

EDUCAÇÃO, 2014). Prosseguir com investimentos no uso de fontes sustentáveis e renováveis, bem como na diversificação e aumento da eficiência de conversão desses combustíveis em diversas formas de energia, é primordial para garantir a independência e descentralização da matriz energética brasileira.

Nesse contexto, a biomassa vegetal tem sido considerada uma energia renovável de grande potencialidade, que pode contribuir consideravelmente para a redução do consumo dos combustíveis não renováveis e, consequentemente, reduzir as emissões de gases causadores de efeito estufa (SHENG e AZEVEDO, 2005; PROTÁSIO et al. 2013; LIU et. 2014).

MATERIAL E MÉTODOS

Caracterizações da Biomassa lignocelulósica

Foi utilizado gás GLP, o botijão foi pesado no início e no final do experimento, para quantificar o gasto deste combustível. A produção e avaliação dos pellets foram realizadas na Universidade Federal de Goiás, câmpus Jataí. A compactação dos resíduos lignocelulósicos de soja, foi realizada em uma peletizadora da marca Eng-Maq®, modelo 0200v, capacidade de 110 $kg.h^{-1}$ e matriz plana de 6 mm.

A biomassa, com granulometria inferior a 6 mm, será armazenada em temperatura e umidade relativa ambiente até atingir a umidade de equilíbrio higroscópico (10 – 12% na base seca).

A densidade aparente unitária dos pellets foi determinada utilizando-se o método estereométrico, ou seja, o volume será calculado considerando-se a forma cilíndrica dos pellets e a massa será obtida com o uso de balança analítica com precisão de 0,0001 g. Para esse procedimento foi amostrados aleatoriamente cem pellets de cada amostra.

Procedimentos para Assamento dos Pães

Os pães foram produzidos na padaria do IFSULDEMINAS- Câmpus Machado, sendo os mesmos utilizados pelo campus para alimentação dos alunos.

Por observação, padronizou-se como zona ideal de assamento a faixa de 150^0C a 200^0C e utilizou-se como padrão colocar a assadeira no forno quando sua temperatura atingisse 180^0 C. O forno usado neste experimento, com o GLP como combustível, permitiu que a temperatura interna do forno atingisse somente 181^0C.

Foi colocado no interior de pão um termopar (Figura 2), para observação do comportamento térmico no interior da massa.

Figura 2. Pellets, assadeira com massa de pão, pão assado utilizando os pellets.

Equipamentos Utilizados

Para o estudo do comportamento dos pellets durante a combustão foi utilizado um forno de assamento de área aproximada de 0,32 m^2 e construído por chapa de espessura 2 mm. Para as medições das temperaturas, foram utilizados 4 termopares tipo K, sendo um em contato com a água (becker com 900 ml) no interior do forno, três termopares ambiente dentro do forno e um termopar ambiente no combustor. O termopar é constituído por um termoelemento positivo (KP): Ni 90% Cr 10% (Cromel) e um termoelemento negativo (KN): Ni 95%, Mn 2%, Si 1%, Al 12% (Alumel), o intervalo de medição da temperatura é de 0 e 1200 °C.

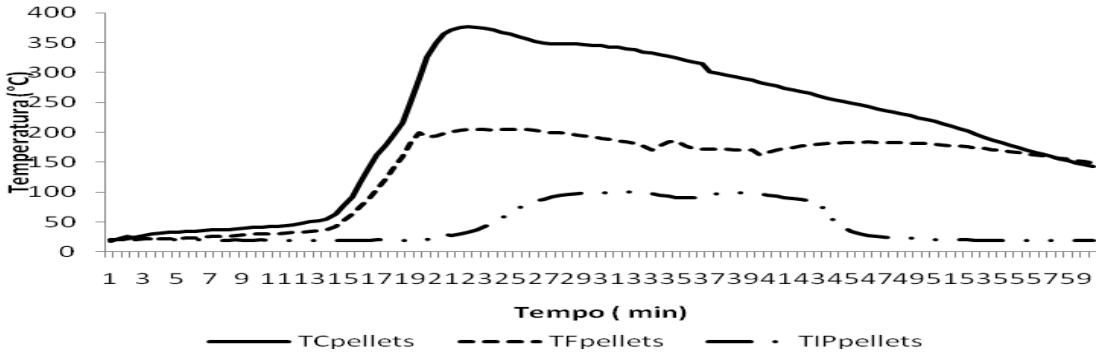
Para o registro das temperaturas, utilizou-se um equipamento cedido pelo laboratório de física do Instituto Federal do Sul de Minas- Câmpus Machado. O aquisitor de dados Modelo A 202 versão 1.04, log de dados para até 2 MB de registro e monitoriamento das variáveis analógica, ligado ao conversor USB D 50, comunicação RS 485a ao computador (figura 3).

Figura 3. Conversor e aquisitor de dados A202

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Pelo gráfico 1, observam-se comportamentos diferentes entre os tratamentos. Em 60 minutos a taxa de transferência de calor do combustor para o compartimento de assamento e para o interior da massa de pão, quando se utiliza os pellets, foi de 65,93% e 21,83% respectivamente. Enquanto que pelo gás a proporção foi de 53,69% e 6,82% respectivamente.

Curvas de aquecimento utilizando Pellets como combustível

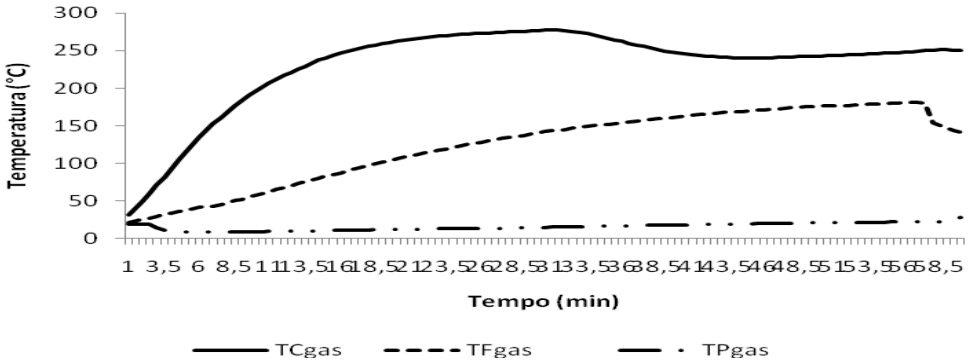


Legenda: TCpellet= Temperatura Combustor a pellets; TFpellet= Temperatura forno a Pellets; TIPpellets= Temperatura interno do pão pelo Pellets

Gráfico 1. Curvas de aquecimento

Pelo gráfico 2, observar-se que a maior variação de temperatura ocorreu com a utilização dos pellets como combustível a uma taxa de 45,8^{0}C/min, no intervalo de 13 min a 20 min, período compreendido entre a ignição e incandescência do material. Nesse mesmo intervalo a temperatura na câmara de assamento apresentou uma taxa de variação de temperatura de 23,4^{0}C/min. O que não ocorreu com a variação de temperatura no combustor utilizando-se o GLP.

Curvas de aquecimento utilizando gás GLP como combustível



Legenda: TCgást= Temperatura Combustor a gás; TFgást= Temperatura forno a gás; TIPgás= Temperatura interno do pão pelo gás

Gráfico 2. Curvas de aquecimento

Pelo gráfico 3, observa-se que a elevação da temperatura da água utilizando o GLP foi mais lenta, gerando um quantidade de calor mais constante e uma taxa de variação em 13 minutos de 6 °/min e, em seguida mantendo-se constante. Utilizando os Pellets como combustível a maior taxa de variação foi de 12°C/min aos 21 minutos.

Monitorou-se a temperatura no interior do pão utilizando-se ambos combustíveis. A utilização dos pellets provocou a elevação da temperatura

(7,18^{0}C/min) no interior do pão. Quando colocou-se a assadeira no forno e por 11min observou-se a elevação da temperatura, ficando constante por 6,30 mim. Neste momento foi retirada a assadeira com os pães, portanto todo processo de assamento é realizado em 17,30 min.

Curvas de aquecimento da água e no Interior do pão

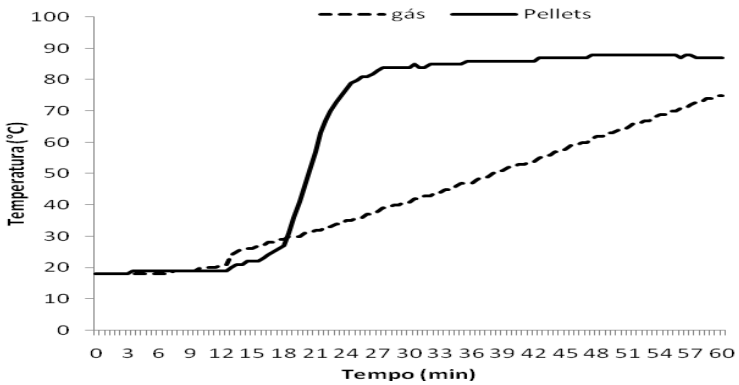
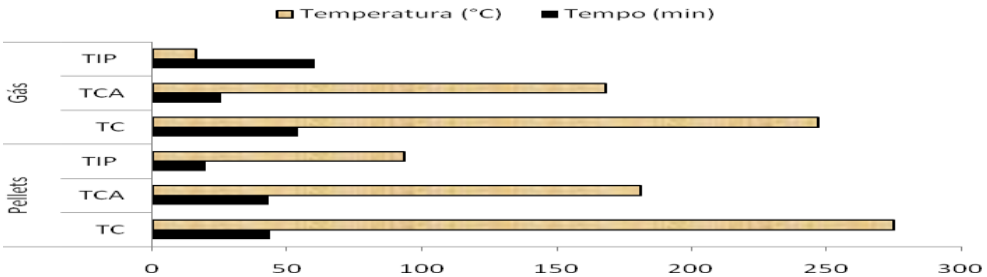


Gráfico 3. Curvas de aquecimento da água

Segundo estes autores, o fluxo médio de vapor d'água da massa para o ambiente alcança um valor máximo quando a massa atinge uma temperatura mais constante. Pela análise do gráfico fica evidente que, para o intervalo de tempo considerado, a temperatura alcançada pela queima do gás não atingiu um valor ideal para o perfeito assamento, necessitando de um maior intervalo de tempo para o assamento dos pães.

Na utilização dos pellets, percebeu-se que houve uma abrupta elevação da temperatura no interior do pão com uma alta taxa de transferência de calor. Quanto ao gás, o tempo entre colocação da assadeira com os pães e a sua retirada do forno foi de 38 minutos e a taxa de aquecimento de 2^{0}C/min.

Grafico do tempo e temperatura na faixa de assamento



Leg.: TIF=Temp. média interna no pão em 60 min; TA= temp. média de assamento na faixa de 150 a 200°C; TC= Temp. média de combustão na faixa 150 a 200^{o}C.

Gráfico 4. Gráfico do tempo e temperatura média

A faixa de assamento ideal para pães, observado neste trabalho e adotado com parâmetro foi entre 150^0 a 200^0C. Considerando-se esta faixa, foi observado que os pellets foram eficazes, mantendo nesse intervalo por 41 minutos uma média de temperatura de 180^0C, enquanto o gás se manteve por 24,5 min, com temperatura média de 168^0C.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos permitem concluir que os pellets proporcionaram uma melhor taxa de transferência de calor entre o combustor e a câmara de assamento e, consequentemente para interior da massa de pão, tal fato acarretou assamento mais eficiente dos pães em consequência da maior temperatura atingida no interior da câmara de assamento em relação à utilização do gás como combustível.

AGRADECIMENTOS

Agradecemos o apoio da FAPEMIG, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais, na concessão de bolsas aos alunos do Ensino Médio participantes da pesquisa.

REFERÊNCIAS

ELETROBRÁS/PROCEL EDUCAÇÃO: **Conservação de Energia-Eflciência Energética de Equipamento de instalações**. Itajubá, 2006

LIU, Z.; QUEK, A.; BALASUBRAMANIAN, R. Preparation and characterization of fuel pellets from woody biomass, agro-residues and their corresponding hydrochars. **Applied Energy**, London, v. 113, p. 1315–1322, 2014.

PROTÁSIO, T. P.; BUFALINO, L.; TONOLI, G. H. D.; GUIMARÃES JUNIOR, M.; TRUGILHO, P. F.; MENDES, L. M**.** Brazilian lignocellulosic wastes for bioenergy production: characterization and comparison with fossil fuels. **BioResources***,* Railegh*, v.*8, n. 1, p. 1166-1185, 2013

SHENG, C.; AZEVEDO, J. L. T. Estimating the higher heating value of biomass fuels from basic analysis data. **Biomass and Bioenergy**, Oxford, v. 28, n. 5, p. 499-507, 2005.