

Área: Sustentabilidade | **Tema:** Temas Emergentes em Sustentabilidade

**EFICIÊNCIA DE COMBUSTÃO DA BIOMASSA FLORESTAL EM UNIDADES DE CURA DE TABACO:
COMPARATIVO ENTRE LENHA E PELLETS**

**COMBUSTION EFFICIENCY OF FOREST BIOMASS IN TOBACCO HEALING UNITS:
COMPARATIVE BETWEEN WOOD AND PELLETS**

John Lenon Camargo De Lima, Débora Luana Pasa, Caroline Lucca Belladonna, Flávio Mayer e Jorge Antonio

De Farias

RESUMO

Tendo em vista a importância socioeconômica que a fumicultura apresenta na região sul do Brasil e o atual cenário mundial de preocupação ambiental, este trabalho teve como objetivo avaliar a eficiência de combustão em unidades de cura do tabaco com dois tipos de biomassa: lenha e pellets. Para tanto, fez-se uso do equipamento analisador de gases Chemist 500x e calculou-se a eficiência de combustão como a razão entre a concentração do carbono liberado como CO₂ e a concentração do carbono total, liberado como CO, NOX e CXHY, além de CO₂. Esses gases, quando liberados na atmosfera, tornam-se poluentes e causadores do chamado efeito estufa, sendo o CO₂ o menos danoso dentre os citados. A eficiência de combustão é uma medida (em porcentagem) que remete à qualidade da combustão que a biomassa sofre (completa ou incompleta). Realizou-se três coletas de dados para cada tipo de biomassa e os resultados apontaram que os pellets possuem maior eficiência de combustão do que a lenha, com média de 99,7 e 91,2%, respectivamente. Desse modo, conclui-se que do ponto de vista ambiental sustentável, os pellets possuem vantagem sobre a lenha. No entanto, deve-se ainda levar em consideração a avaliação econômica entre as duas biomassas, visto que são temas promissores para novas pesquisas.

Palavras-Chave: ENERGIA RENOVÁVEL, GASES DE EFEITO ESTUGA, SUSTENTABILIDADE

AMBIENTAL

ABSTRACT

Given the socioeconomic importance of tobacco growing in southern Brazil and the current world scenario of environmental concern, this study aimed to evaluate the combustion efficiency in tobacco curing units with two types of biomass: firewood and pellets. For this purpose, the Chemist 500x gas analyzer equipment was used and the combustion efficiency was calculated as the ratio between the concentration of carbon released as CO₂ and the concentration of total carbon released as CO, NOX and CXHY, besides CO₂. These gases, when released into the atmosphere, become pollutants and cause the so-called greenhouse effect, with CO₂ being the least harmful among those mentioned. Combustion efficiency is a measure (in percentage) that refers to the quality of combustion that biomass undergoes (complete or incomplete). Three data were collected for each type of biomass and the results showed that the pellets have higher combustion efficiency than firewood, with an average of 99.7 and 91.2%, respectively. Thus, from the environmental and sustainable point of view, pellets have an advantage over firewood. However, it was not the focus of this study to economically evaluate the relationship between pellets and firewood and may be a promising area for further research.

Keywords: RENEWABLE ENERGY, GREENHOUSE GASES, ENVIRONMENTAL SUSTAINABILITY

EFICIÊNCIA DE COMBUSTÃO DA BIOMASSA FLORESTAL EM UNIDADES DE CURA DE TABACO: COMPARATIVO ENTRE LENHA E *PELLETS*

1 INTRODUÇÃO

A demanda por novos produtos vem aumentando o desenvolvimento industrial, levando à uma maior queima de combustíveis fósseis e consequente aumento na emissão de gases poluentes no ambiente. Além dos danos ambientais que o uso excessivo de combustíveis fósseis pode causar, há o risco de uma escassez energética, pois são fontes de energia não renovável. Tendo em vista as desvantagens dos combustíveis fósseis, a humanidade vem buscando novas alternativas energéticas de fonte renovável, sendo que uma dessas alternativas é a biomassa (produz a bioenergia pela queima dos biocombustíveis) que pode ser obtida pelo uso de lenha e derivados da madeira, oriundos de reflorestamentos sustentáveis ou de resíduos vegetais da agricultura. Outro destaque é que o balanço de emissões de dióxido de carbono (CO_2) pela queima do biocombustível é nulo, pois o CO_2 liberado na combustão é absorvido pelas plantas por meio da fotossíntese. A biomassa pode ser sólida, líquida ou gasosa e seu uso como fonte energética pode ser através da combustão direta dos materiais ou de uma transformação física, química ou biológica, de modo a aumentar seu poder calorífico (CARDOSO,2015).

Seja pela combustão direta ou pela transformação, diversos setores econômicos, no Brasil e no mundo, fazem uso da biomassa como combustível, destacando-se o setor primário do tabaco. Na região sul do país, principalmente, a fumicultura é uma atividade de grande expressão econômica, pois estima-se que há cerca de 150 mil famílias ligadas à produção de tabaco no sul do Brasil (SINDITABACO,2019). Essa cultura necessita anualmente de um grande volume de biomassa florestal, que é utilizada como fonte de calor, via combustão direta de lenha e derivados, no processo de secagem do tabaco.

A utilização de biomassa oriunda de reflorestamentos, é um grande avanço no que tange a sustentabilidade ambiental, porém, como consequência de qualquer processo de combustão, há formação de gases poluentes, ou também chamados gases de efeito estufa (GEE). A emissão desses gases pode ser aumentada por conta da má qualidade da combustão que pode estar relacionada à diversos fatores que vão desde o dimensionamento da câmara de combustão até as características físico-químicas da biomassa. Em teoria, quando a biomassa sofre combustão completa todas as moléculas orgânicas reagem exotermicamente com o oxigênio (O_2) do ar para formar CO_2 , água (H_2O) e calor. No entanto, o que se tem na prática é a combustão incompleta, que resulta no aumento da emissão de outros gases, tais como monóxido de carbono (CO), óxidos nitrosos (NO_x), hidrocarbonetos (C_xH_y) e material particulado. Uma maneira de verificar quantitativamente a qualidade da combustão é a eficiência de combustão (EC), que leva em consideração a relação entre o carbono liberado na forma de CO_2 e o carbono total liberado pela combustão da biomassa.

Considerando a importância socioeconômica que a fumicultura representa, torna-se imperativo o uso de novas tecnologias e alternativas sustentáveis no que diz respeito à produção do tabaco, tanto do ponto de vista econômico, quanto ambiental. Dessa forma, o objetivo desse estudo foi analisar a eficiência de combustão utilizando dois tipos de biomassa florestal: lenha e *pellets*. Dessa forma, será possível verificar a melhor opção para investir em novas tecnologias sustentáveis para o processo de secagem do tabaco.

2 METODOLOGIA

A eficiência de combustão (EC) é, basicamente, a medida (em porcentagem) da qualidade da combustão, em comparação com a queima completa do combustível e

eliminação de somente CO₂ e H₂O. Assim, quanto mais próximo de 100% for a EC, mais completa será a combustão. A EC é calculada como a razão entre a quantidade de carbono emitido como CO₂ e o carbono total emitido na forma de CO₂, CO, NO_x e C_xH_y, que foram os gases cujas concentrações foram medidas pelo equipamento analisador utilizado.

Desse modo, a EC é calculada de acordo com a equação 1, abaixo:

$$EC = \frac{[CO_2]}{[C_{total}]} \quad (1)$$

Em que:

EC = Eficiência de combustão

[CO₂] = Concentração de carbono emitido como CO₂

[C_{total}] - Concentração do carbono total emitido

As análises foram realizadas em duas unidades convencionais (UC) de cura de tabaco, sendo uma adaptada para o uso de biomassa florestal *pellets* e outra para lenha. As unidades de cura foram construídas de tijolos, bem como a fornalha (câmara de combustão), com capacidade que varia de 500-600 varas de tabaco. A área da seção transversal da chaminé corresponde a 0,049 m², sendo que a diferença entre ambas está na forma de abastecimento, em que a UC com uso de lenha possui abastecimento manual, sem a presença de ventoinha e a UC com uso de *pellets* possui abastecimento automático com a presença de ventoinha para injeção de ar. A Figura 1 apresenta as duas unidades de cura avaliadas na pesquisa. A fornalha da UC com uso de *pellets* (Figura 1.a) é vedada e não possui abertura, enquanto na UC com uso de lenha (Figura 1.b) há uma porta na fornalha por onde ocorre o abastecimento manual de lenha. É possível observar na UC com uso de *pellets* o equipamento analisador de gases utilizado na pesquisa no momento da coleta de dados.

Figura 1 - Fornalhas avaliadas na pesquisa: a) fornalha da UC com uso de *pellets* b) fornalha da UC com uso de lenha.



O tabaco é essencialmente classificado e dividido em três tipos, de acordo sua posição na planta: o baixeiro (folhas mais próximas ao chão), meio pé (folhas no centro da planta) e ponteira (folhas da ponta), essa divisão é importante, pois a densidade do tabaco varia consideravelmente e afeta a eficiência energética de forma direta. Foram realizadas três coletas de dados, uma para cada etapa da colheita do tabaco, e para cada UC, totalizando seis resultados de EC.

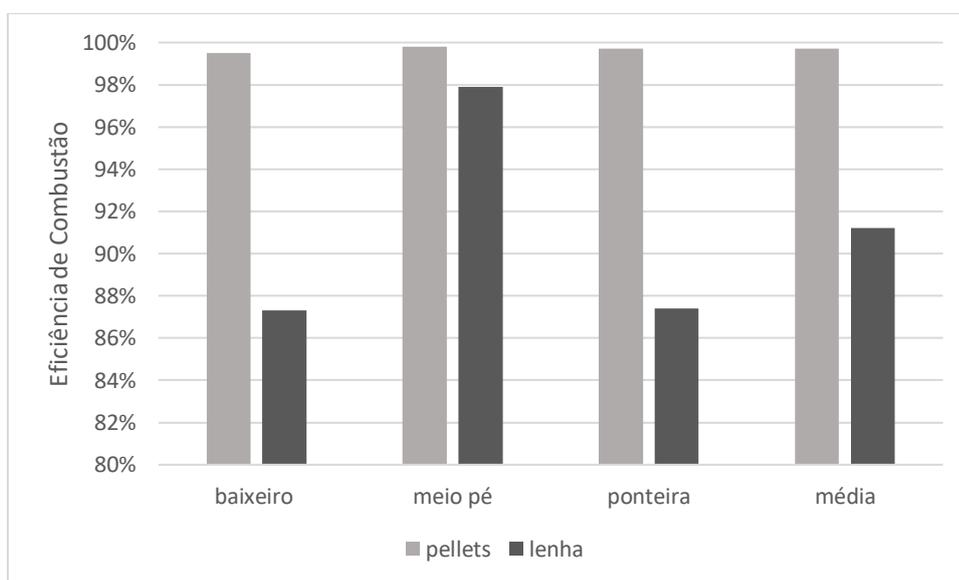
As concentrações dos gases poluentes, necessários para o cálculo da EC, foram obtidas com o auxílio do analisador de gases de combustão modelo Chemist 500x, da italiana Seitron. Para tanto, foram abertos orifícios de 10 mm na estrutura das chaminés (a uma altura mínima de 2 vezes o diâmetro interno da tubulação após último distúrbio do fluxo gasoso (ABNT NBR 10.700/1989)). Foram realizadas medições em intervalos padronizados, durante duas horas sendo possível dessa forma, obter as informações relativas ao processo completo da queima da biomassa.

O princípio de funcionamento do equipamento pode ser resumido em: uma bomba elétrica interna retira a amostra do gás, através de uma sonda inserida no duto da chaminé. Um filtro retém as partículas e a água condensada, limpando a amostra antes da bomba a expelir para o tubo coletor, onde os sensores eletrônicos estão expostos aos gases. Quando o gás chega até os sensores, os sinais de saída analógicos são amplificados através de um multiplexor e convertidos em sinais digitais adequados para leitura por um microprocessador. Cada sensor tem sua própria placa de circuito impresso, contendo um amplificador e um chip de memória que contém a identificação do sensor e os dados de calibração (ECIL, 2015).

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados de eficiência de combustão obtidos para cada tipo de tabaco (baixeiro, meio pé e ponteira) em função da biomassa utilizada (lenha e *pellets*) foram plotados em um gráfico (Figura 2) que possibilita visualizar e comparar as EC para lenha e *pellets*.

Figura 2 – Gráfico das eficiências de combustão



Fonte: autores.

A Figura 2 mostra que a EC dos *pellets* é superior à EC da lenha em todas as análises, sendo uma diferença de 12,2% no baixeiro, 1,9% no meio pé e 12,3% na ponteira, totalizando uma média de 8,5%. Percebe-se que a EC obtida para o meio pé, usando lenha, foi consideravelmente maior se comparada aos valores de EC no baixeiro e na ponteira, portanto, a diferença entre a EC do *pellet* e lenha foi menor para essa análise. Fatores externos, como a quantidade de lenha abastecida na câmara de combustão e/ou temperatura e umidade do ar alimentado na câmara, podem ter influenciado nesse resultado.

Dados da literatura reportam que valores de EC maiores que 90% caracterizam a combustão de biomassa na fase de chama, enquanto valores de EC compreendidos entre 75 e 85% caracterizam a fase de incandescência/ignição (BABBITT *et al*, 1996).

A EC média de ambas as análises ficaram maiores que 90%, o que caracteriza a fase chama e é indicativo de boa combustão. Porém se for desconsiderado o valor obtido do meio pé para a lenha, a EC média é de 87,35%. A fase de chama é caracterizada por uma maior emissão do CO₂, pois a combustão é mais completa, nesse caso, o carbono está no seu estado mais oxidado, por outro lado, gases como CO e C_xH_y podem ainda reagir com oxigênio formando CO₂, H₂O e calor. As emissões de CO aumentam com a diminuição da emissão de CO₂, pois estas emissões estão ligadas ao processo de incandescência e ignição.

Os valores inferiores de EC para a lenha podem estar relacionados à fatores como: falta de limpeza periódica das grelhas, pois isso obstrui a passagem de ar; má distribuição da lenha sobre a grelha; menor homogeneização ar/combustível; abastecimento da fornalha com muito combustível e falta de oxigênio para a queima de toda a lenha. Em teoria, a lenha possui a forma mais complexa de combustão se comparado com o *pellet*, devido à menor superfície de contato para queima e elevada umidade, diminuindo o poder de combustão, sendo que para o processo de evaporação da água é absorvida certa quantidade de energia (calor) no decorrer da queima. O *pellet* é o melhor tipo de biomassa para queima por ser mais homogêneo, menor teor de umidade (em torno de 8%), ter maior superfície de contato e apresentar alta densidade mássica e, conseqüente mente maior densidade energética.

O diâmetro e o comprimento da lenha utilizada na queima também podem influenciar no rendimento, visto que toretes com dimensões menores possuem maior superfície de contato entre biomassa e ar e conseqüentemente melhor combustão. Amorin (2012) salienta que a melhor eficiência de combustão apresentada foi no experimento de combustão de troncos finos (menos de 2,5 cm de diâmetro). A mesma autora ainda salienta que os experimentos realizados nas condições de tronco maior que 2,5 cm apresentaram os piores coeficientes para a eficiência da combustão.

Os *pellets*, portanto, obtêm uma grande vantagem em relação a lenha, pois após o material ser triturado e seco, se transformam em pó que é comprimido para obter a forma final. Durante a produção, 6 a 8 metros cúbicos de serragem ou cavacos de madeira são comprimidos a altas pressões, em um metro cúbico de *pellets* de madeira. O resultado é um composto 100% natural de elevado poder calorífico (QUÉNO,2015) Conforme Protásio (2015) os *pellets* são oriundos do processo de densificação da biomassa, ou seja, transformação física do material lignocelulósico particulado em um biocombustível sólido.

A pesquisa evidenciou que a maior eficiência foi a unidade de cura convencional adaptada para a utilização de *pellets* com EC média de 99,7%, ou seja, a maior área de contato entre ar e combustível, menor umidade, melhor homogeneização da mistura ar/combustível e maior densidade resultou na combustão do tipo chama, reduzindo as emissões de CO, visto que a combustão pode ser considerada mais completa.

Esse resultado infere que o uso de *pellets* nas unidades de cura do tabaco apresenta maiores vantagens ambientais em relação à lenha, pois a energia da biomassa (bioenergia) é melhor aproveitada na combustão. Além disso, espera-se que ocorram menores emissões de GEE, visto que o cálculo da EC leva em consideração as emissões dos gases poluentes, o que o torna menos danoso ao ambiente se comparado à lenha. A pesquisa, no entanto, não teve foco de avaliar economicamente uso de lenha e de *pellets*, desse modo, nada se pode afirmar a respeito da viabilidade econômica da implantação do uso de *pellets* nas unidades de cura.

5 CONCLUSÃO

A pesquisa demonstrou que a eficiência de combustão com *pellets* foi superior à EC com lenha, sendo a média 99,7% e 91,2 %, respectivamente, indicando uma combustão mais completa e de melhor qualidade, apresentando-se em fase de chama na maior parte do tempo. Por meio desse resultado, é possível inferir que utilizando *pellets* como combustível nas unidades de cura de tabaco, há uma redução da emissão de gases poluentes mais agressivos que o CO₂ na atmosfera (CO, NO_x e C_xH_y). Desse modo, o uso de *pellets* torna o processo de secagem do tabaco ambientalmente mais sustentável.

Assim, sugere-se novas pesquisas em âmbito econômico e ambiental utilizando *pellets* como fonte de biomassa para a secagem do tabaco, visto que, trata-se de uma área promissora em um setor que é carente de tecnologias sustentáveis.

REFERÊNCIAS

AMORIM, E. B., **Gases de efeito unidade de cura produzidos pela combustão de biomassa.** 2012. 114p. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2012. 114 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10700:** Planejamento de amostragem em dutos e chaminés de fites estacionárias. Rio de Janeiro, RJ: ABNT, julho 1989. 7p.

BABBITT, R.E., WARD, D.E., SUSOT, R.A., ARTAXO, P., KAUFFMAN, J.B., “**A comparison of concurrent airborne and ground-based emissions generated from biomass burning in the Amazon basin**”. In: SCAR-B: Smoke/Sulfate, Clouds and Radiation-Brazil: Proceedings. Transtec, São José dos Campos, SP, pp. 23–26, 1996.

CARDOSO, B.M. **Uso da Biomassa como alternativa energética.** 2012. 112p. Projeto de graduação. Universidade federal do Rio de Janeiro, 2012.

ECIL. **Manual de Instrução Chemist 500.** 2015.

PROTÁSIO, T.P. **Caracterização energética de pellets in natura e torreficados produzidos com madeira residual de Pinus.** 2015. 8p. Universidade Federal de Goiás.

QUÉNO, L.R. **Produção de pellets de madeira no Brasil: estratégia, custo e risco do investimento.** 2015. 145 p. Tese de doutorado. Universidade de Brasília.

SINDICATO INTERESTADUAL DA INDÚSTRIA DO TABACO (SINDITABACO). **Estatísticas.** 2019. Disponível em: <http://www.sinditabaco.com.br/sobre-o-setor/estatisticas/> Acesso em 20 agos. 2019

TODA MATÉRIA. **Biomassa.** 2019. Disponível em: <https://www.todamateria.com.br/biomassa/>. Acesso em 25 agos. 2019.

WELTER, C.A. **Uso da biomassa florestal como estratégia de redução dos gases de efeito estufa: estudo de caso na fumicultura do sul do Brasil.** 2017. 68 p. Dissertação de mestrado. Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2017.