

INFLUÊNCIA DO TEOR DE UMIDADE E TEOR DE CINZAS NA GERAÇÃO DE ENERGIA TÉRMICA DE SERRAGEM

DOI: 10.19177/rgsa.v9e012020692-702



RESUMO

A biomassa florestal realiza um balanço de CO₂ e sua reutilização gera impactos positivos para o meio ambiente, sendo a serragem um co-produto dos resíduos florestais e de grande importância para geração de energia térmica. Nesse contexto, o presente artigo teve como objetivo avaliar a influência do Teor de Umidade (TU) e o Teor de Cinzas (TC) sobre o Poder Calorífico Líquido (PCL) da serragem na geração de energia térmica. Os dados quantitativos sobre o TU, TC, e PCL da serragem, utilizados nas simulações energéticas, foram disponibilizados por uma empresa localizada na região serrana do estado de Santa Catarina. Constatou-se que o TU é o parâmetro de qualidade com a maior significância sobre a energia disponível na serragem, pois, apresenta-se inversamente proporcional a sua variação energética. A interação simultânea da diminuição do TU e aumento do TC demonstra o aumento linear no PCL da serragem, o que infere que o TU apresenta maior na geração de energia térmica em comparação ao TC. Deste modo, enfatiza-se a importância da melhoria da qualidade da biomassa florestal para geração de energia térmica, visando maior rendimento e aproveitamento energético desta fonte renovável.

Palavras-chave: Biomassa Florestal. Variação energética. Poder Calorífico Líquido. Co-produto florestal.

¹ Discente, Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária. Fundação Universidade do Estado de Santa Catarina. E-mail: karolinefernandessilva@outlook.com

² Discente, Programa de Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Fundação Universidade do Estado de Santa Catarina. E-mail: deborabianchini@hotmail.com

INFLUENCE OF HUMIDITY AND GRAY CONTENT ON SAW THERMAL ENERGY GENERATION

ABSTRACT

Forest biomass performs a CO₂ balance and its reuse generates positive impacts on the environment, with sawdust being a co-product of forest waste and great importance for thermal energy generation. In this context, this article aimed to evaluate the influence of Moisture Content (MC) and Ash Content (AC) on sawdust Net Calorific Value (NCV) on thermal energy generation. Quantitative data on sawdust MC, AC, and NCV used in energy simulations were provided by a company located in the highlands of Santa Catarina state. It was found that the MC is the quality parameter with the highest significance on the energy available in the sawdust since it is inversely proportional to its energy variation. The simultaneous interaction of the decrease in MC and increase in AC demonstrates the linear increase in sawdust NCV, which infers that the MC presents higher in thermal energy generation compared to AC. Thus, the importance of improving the quality of forest biomass for thermal energy generation is emphasized, aiming at higher yield and energy use of this renewable source.

Keywords: Forest biomass. Energetic Variation. Net Calorific Value. Forest Co-product.

1 INTRODUÇÃO

O desenvolvimento sustentável e a procura por fontes de energias renováveis são temas que estão obtendo um crescimento considerável no decorrer dos anos, visando a preservação do meio ambiente, assim como, a redução dos impactos ambientais gerados pelas indústrias. No Brasil, o uso de resíduos da indústria de base florestal na geração de energia térmica, é tradicional, com um número reduzido de empresas que possuem sistemas de cogeração de energia elétrica. Porém, a partir

do final da década de 90, iniciativas para o uso da biomassa florestal em sistemas de cogeração têm aumentado, inclusive com o ingresso no mercado de empresas que tem como objetivo principal a geração de energia a partir deste sistema, e não a manufatura de produtos da madeira (BRAND, 2007).

Segundo a Indústria Brasileira de Árvores (IBÁ, 2017) os investimentos constantes na base florestal e na indústria tem levado o setor a uma posição de destaque no desenvolvimento de uma economia de baixo carbono, permitindo que as árvores plantadas abasteçam diferentes segmentos industriais e ofereçam muito mais do que celulose, papel, painel de madeira, piso laminado e carvão vegetal. O pioneirismo brasileiro no setor de florestas plantadas e os investimentos constantes em inovação contribuem para promover a diversificação de usos da madeira de forma sustentável. De acordo com Simioni (2007), o grau de influência atual e futura dos fatores críticos relacionados à produção florestal é alto, tornando necessário o uso múltiplo da floresta, no intuito de se obter o aproveitamento dos resíduos (ponteiros de árvores, galhos e outras partes) para a geração de energia.

Na região Sul do Brasil ocorre uma concentração de indústrias do ramo madeireiro, onde foram produzidas no ano de 2017, aproximadamente 64.508.920 m³ de um total de 139.826.511 m³ produzido em todo o país (IBGE, 2019). Seguindo a classificação utilizada pelo Ministério do Meio Ambiente (2019) os resíduos industriais de madeira se classificam em serragem, cepilho, sólidos de madeira, cascas e outros e são gerados desde o transporte da madeira em tora à indústria, até seu manuseio e processamento, finalizando no produto acabado.

A quantidade de resíduos da indústria de transformação da madeira podem impactar positivamente no meio ambiente quando reutilizados para a geração de energia térmica. Soares et al., (2003) revelam que os valores obtidos indicam que a colheita florestal, visando o sistema de uso múltiplo, apresenta mais lucro que o uso único.

Alguns fatores são utilizados para qualificar a biomassa gerada, segundo Furtado et. al, (2012) as características utilizadas para qualificar energeticamente um material são o teor de umidade (TU), teor de cinzas (TC) e poder calorífico superior (PCS). O TU, dado em porcentagem (%), expressa a quantidade de água presente no material em relação a seu peso total. Por fim, o TC, também expresso em porcentagem, representa o conteúdo de material inorgânico presente na madeira. O PCS é dado em quilocaloria por quilograma (kcal/kg) e expressa a quantidade de

energia liberada por unidade de massa do combustível, considerando que o material está completamente seco e as condições de queima são ideais, sendo influenciados exclusivamente pela composição química do material. Já o poder calorífico líquido (PCL) é a quantidade de energia útil gerada na combustão do material, sendo determinado a partir do PCS e influenciado pelo TC e pelo TU do material no momento da queima.

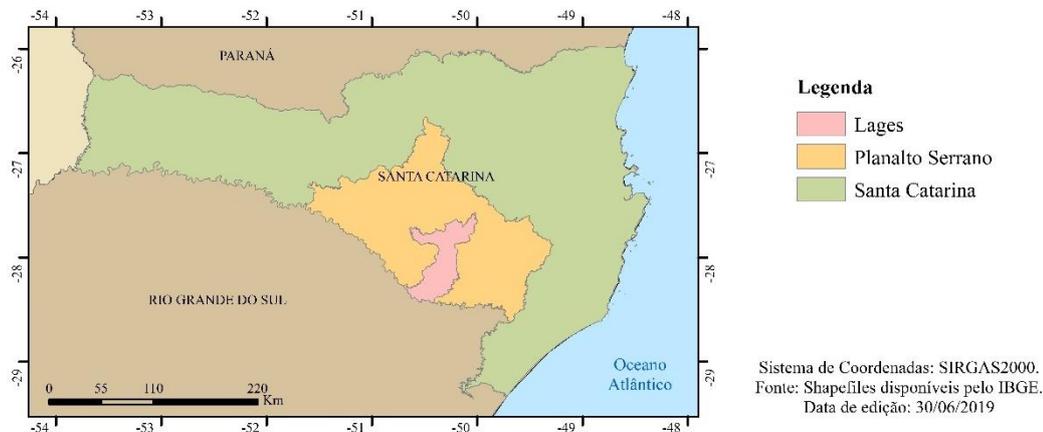
Segundo BRAND (2010), a umidade é uma variável mais importante que a espécie, sendo que irá interferir no poder calorífico do combustível, pois são inversamente proporcionais. Desse modo nos processos de combustão quanto maior a umidade, mais energia será necessária para eliminação da água. Com isso torna-se de grande importância controlar as variações destas características para a otimização do uso do material para geração de energia (BRAND, 2010; FURTADO et al., 2012).

A combustão de biocombustíveis com elevado TU é possível, porém fica associada a algumas desvantagens, como, o calor latente que precisa ser desprezado na câmara de combustão para evaporar a água e que, por consequência, não é utilizado para geração de energia, ou seja, há uma redução do poder calorífico (PC) do material. Além disso, uma caldeira que opera com combustível de alto TU deve ter dimensões maiores para o mesmo rendimento térmico (Deboni et al., 2019). Conforme Schirmer et al., (2017) a biomassa residual apresenta potencial para utilização energética, desde que reduzido seu TU para que haja um maior poder calorífico. Assim, este estudo teve como objetivo avaliar a influência do TU e do TC sobre o PCL da serragem na geração de energia térmica.

2 METODOLOGIA

A pesquisa realizada é quantitativa e temporal, na qual analisa-se uma série histórica de 10 anos sobre parâmetros de qualidade da biomassa florestal utilizada por uma empresa localizada em Lages – Santa Catarina (Figura 1). Estes dados foram analisados e publicados por Deboni et al., (2019) e serviram para a realização das simulações energéticas envolvendo o TU, TC e PCL da serragem neste estudo.

Figura 1: Localização da região de estudo.



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a avaliação da eficiência energética da serragem foram seguidos os procedimentos de cálculos sobre biomassa apresentados na literatura. Conforme Brand (2010), para cada 1 kg de água a ser evaporado da madeira são necessários aproximadamente 600 kcal de calor. Deste modo, o Poder Calorífico Inferior pode ser determinado por meio da Equação 1.

$$PCI = PCS - 324 \quad \text{Equação 1}$$

Onde: 324 é o fator de redução do PCS da madeira (BRAND, 2010).

Na sequência, foi possível determinar o PCL em função do TU por meio da Equação 2, e o PCL em função do TU e TC por meio da Equação 3 (LEHTOVAARA, 2004).

$$PCL = PCI \times \left(\frac{100-TU}{100} \right) - 6 \times TU \quad \text{Equação 2}$$

$$PCL (TU e TC) = PCI \times \left(\frac{100-TC}{100} \right) \times \left(\frac{100-TU}{100} \right) - 6 \times TU \quad \text{Equação 3}$$

Os cenários das simulações energéticas da serragem obedeceram a sequência dos cálculos apresentados acima, para 3 distintas simulações:

Cenário 1: variações do TU entre 20 e 60 % para cinco níveis de TC (1, 10, 20, 30 e 40 %).

Cenário 2: variações do TC de 1 a 20 % para cinco níveis de TU (20, 30, 40, 50 e 60 %).

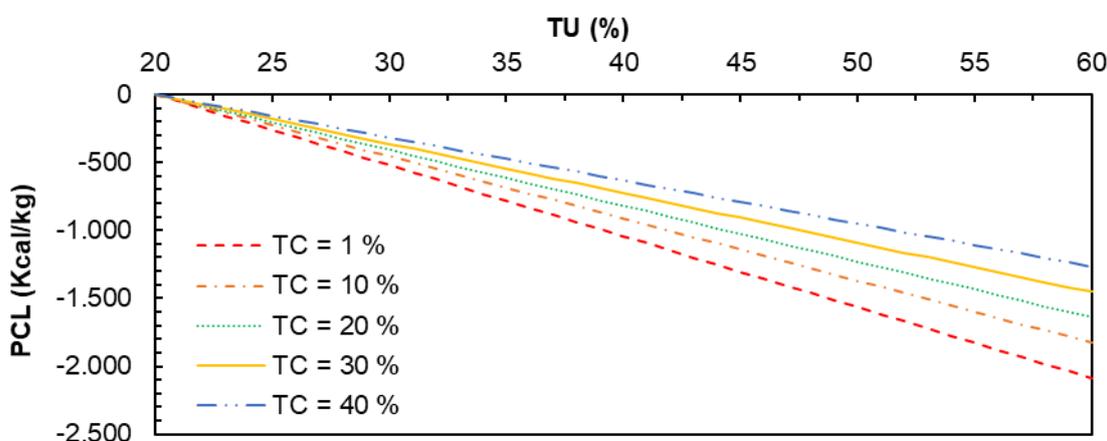
Cenário 3: variações simultâneas do TU de 20 a 60 % e do TC de 1 a 40 %.

Os valores dos parâmetros de qualidade (TU e TC) envolvidos nas simulações dos cenários propostos foram extraídos do estudo de Deboni et al., (2019), no qual, a serragem apresenta TU de 59,38 %, PCL de 1519,96 kcal e TC de 1,03 %. O TU foi considerado na base úmida, enquanto o TC foi considerado na base seca. Todas as simulações foram realizadas com o auxílio do software Excel.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 expressa a variação energética causada pelo aumento gradual do TU (de 20 a 60 %) para 5 níveis de TC (1, 10, 20, 30 e 40). Denota-se pela figura, uma diminuição linear da produção de energia (PCL) conforme o TU da serragem aumenta. Do mesmo modo, também percebe-se que quanto maior for o nível do TC, menos acentuada é a taxa de decréscimo do PCL da serragem.

Figura 1- Variação energética da serragem com o aumento linear do TU considerando TC em 1, 10, 20, 30 e 40 % (Cenário 1).

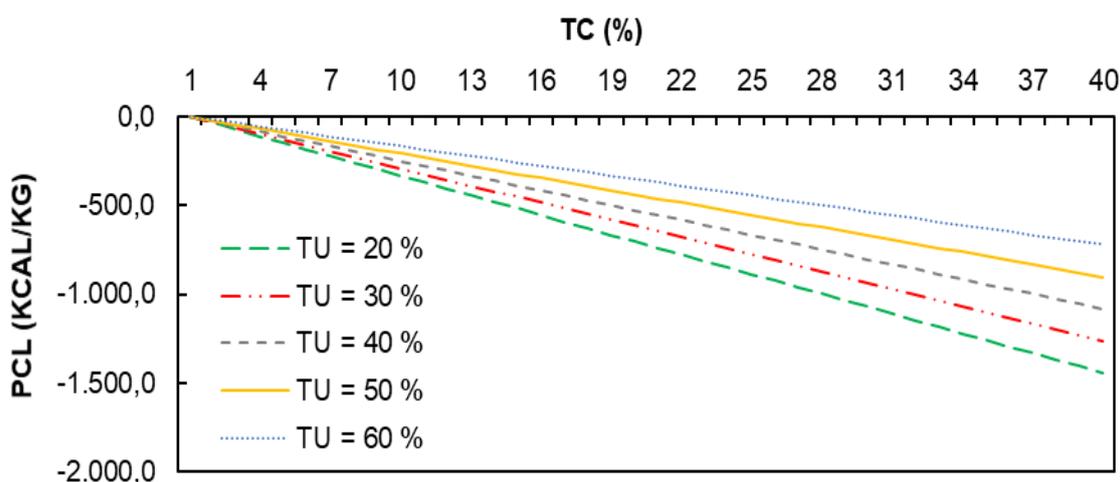


Fonte: Elaborado pelos autores.

Altos TC podem vir a formar depósitos de cinza sobre a grelha ou as paredes da superfície da caldeira, o que acaba por causar a diminuição da eficiência e danos no queimador, além de problemas de manutenção (NUNES et al., 2016). Ademais, de acordo com Schirmer et al., (2017), altos TC causam a redução do poder calorífico da biomassa.

Na Figura 2 é possível observar a variação de energia produzida pela serragem em relação ao aumento do TC (de 1 a 40 %) para 5 níveis de TU (20, 30, 40, 50 e 60 %). Percebe-se que há uma diminuição linear do PCL da serragem conforme os níveis de TC aumentam. Do mesmo modo, verifica-se que a taxa de decréscimo se torna menos acentuada conforme o TU aumenta.

Figura 2 - Variação energética da serragem de madeira para TC com crescimento linear considerando TU em 20, 30, 40, 50 e 60 % (Cenário 2).



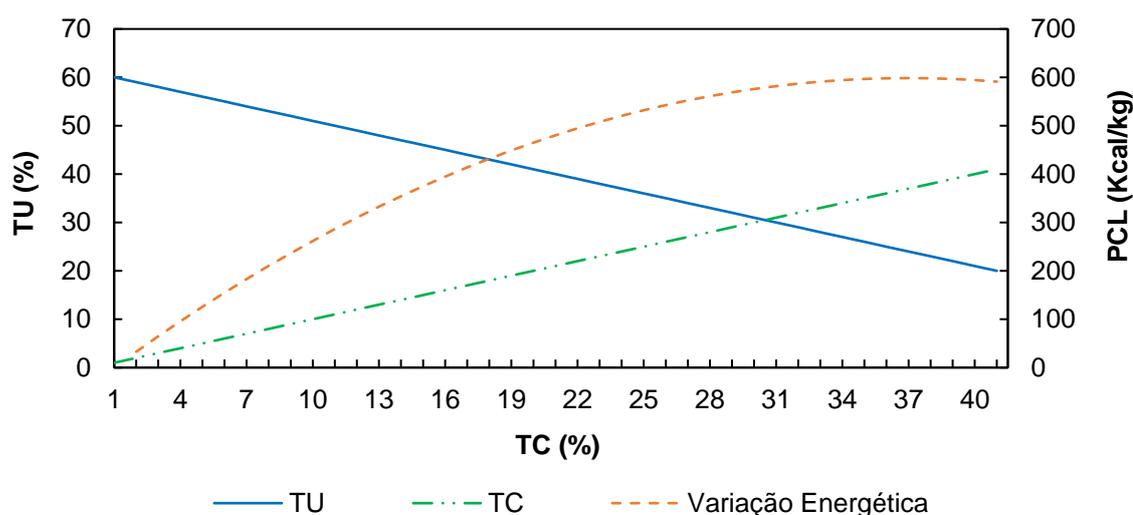
Fonte: Elaborado pelos autores.

Segundo Deboni et al., (2019), o TU da serragem tende a ser mais alto em relação aos outros tipos de biomassa florestal em função de sua menor granulometria, que resulta em maior área superficial da partícula, aumentando a área de contato com a água. A menor granulometria contribui também para a formação de pilhas mais compactadas, onde a perda de umidade é dificultada ao longo do tempo de estocagem da biomassa.

Pela Figura 3 é possível analisar o efeito energético da redução gradual do TU (de 60 a 20 %) e o aumento gradual do TC (de 1 a 40 %). Nota-se, que a diminuição do TU acarreta um ganho energético maior do que a perda energética causada pelo

aumento do TC, havendo assim um ganho líquido crescente, o que evidencia que o TU tem maior capacidade de interferir negativamente na geração de energia da serragem, em comparação a interferência negativa causada pelo TC, havendo uma variação marginal decrescente. A melhor condição energética para a serragem apresenta-se com TU menores do que 45 % e TC menores do que 18 %.

Figura 3- Variação energética com a diminuição linear do TU e aumento linear do TC na serragem (Cenário 3).



Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental

Fonte: Elaborado pelos autores.

Em conformidade com Friederichs et al., (2014), menores TU resultaram em níveis de PCL maiores, uma das melhores condições observadas pelos autores ocorreu quando o TU da biomassa foi de 17 %, gerando um PCL de 3494 kcal/kg. Todavia, Hansted et al., (2016), apontam que o TC é importante para a determinação do comportamento do poder calorífico da biomassa, pois o PCL comporta-se de maneira inversamente proporcional ao percentual do TC. Ainda, o TC também é capaz de influenciar nos custos do processo de combustão. Deste modo, evidencia-se a importância que o controle da qualidade da biomassa tem sobre a geração de energia térmica.

4 CONCLUSÃO

O estudo teve como proposta avaliar a influência que o TU e o TC exercem sobre o PCL da serragem. Desde modo, percebeu-se que o aumento gradual do TU causou uma diminuição no PCL da serragem, que por consequência, foi menos acentuado conforme maior era o TC da madeira.

Do mesmo modo, denotou-se que conforme o TC aumenta menor será o PCL, e por consequência, ao aumentar o TU também percebeu-se que menos acentuada é a taxa de diminuição do PCL, visto que menos energia é liberada.

Ao abordar a interação entre a diminuição do TU e aumento do TC sobre a variação energética da serragem, evidenciou-se que o TU foi o parâmetro estudado que mais apresentou influência sobre o PCL da madeira. Conforme as simulações, a melhor condição para geração de energia térmica com serragem estabeleceu-se com TU menor que 45 % e TC menor que 18 % para a serragem.

Este estudo contribui para que ocorra um melhor aproveitamento energético do material, apontando dois parâmetros de qualidade que devem ser observados pelas indústrias que utilizam a serragem como combustível para a geração de energia térmica. A serragem apresentasse como um coproduto de resíduos madeireiros, uma fonte de energia renovável e com um equilíbrio de emissões atmosféricas, sendo assim, um combustível de alta demanda da indústria e ambientalmente vantajoso.

AGRADECIMENTOS

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPQ. À Fundação de Amparo à Pesquisa e Inovação do Estado de Santa Catarina - FAPESC, pela concessão da bolsa de pesquisa para Pós-Graduação em Ciências Ambientais. Às indústrias da região de Lages/SC que se colocaram à disposição para a coleta e esclarecimentos dos dados utilizados para esta pesquisa.

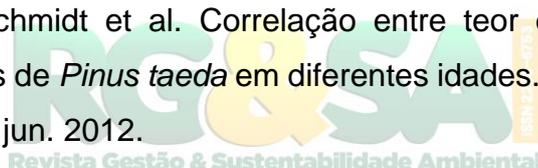
REFERÊNCIAS

BRAND, Martha Andreia. **Qualidade da biomassa florestal para o uso na geração de energia em função da estocagem**. 2007. 151 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-Graduação em Ciências Florestais, UFPR, Curitiba, 2007.

BRUTTI, R. C.; SIMIONI, F. J. Caracterização e controle do abastecimento de biomassa de uma usina de co-geração de energia. In: Congresso Brasileiro de Industrialização da Madeira e Produtos de Base Florestal, 2., 2006, Curitiba. **Anais...** Curitiba: IPEF, 2006. p. 1-10.

DEBONI, Tamires Liza et al. Evolution of the quality of forest biomass for energy generation in a cogeneration plant. **Renewable Energy**, [s.l.], v. 135, p.1291-1302, maio 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.renene.2018.09.039>.

FURTADO, Thielly Schmidt et al. Correlação entre teor de umidade e eficiência energética de resíduos de *Pinus taeda* em diferentes idades. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 36, n. 3, p.577-582, jun. 2012.



HANSTED, Alencar Luis San et al. Caracterização Físico-Química da Biomassa de *Leucaena leucocephala* para Produção de Combustível Sólido. **Revista Virtual de Química**, Sorocaba, v. 8, n. 5, p.1449-1460, jul. 2016.

IBGE. (2019). Produção da Extração Vegetal e da Silvicultura - PEVS | IBGE. [online] lbge.gov.br. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/estatisticas/economicas/agricultura-e-pecuaria/9105-producao-da-extracao-vegetal-e-da-silvicultura.html?=&t=destaques> [Acesso em 4 Jul. 2019].

Indústria Brasileira de Árvores (2017). Relatório IBÁ. [online] Disponível em: https://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf [Acessado em 14 Jul. 2019].

KURCHAIDT, Sueli Zminko. **Potencial energético da biomassa de *pinus* e misturas para a indústria de papel.** 2014. 73 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós Graduação em Bioenergia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

SCHIRMER, Waldir Nagel et al. Caracterização de biomassa residual de fábrica de papel-cartão para aproveitamento energético. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, [s.l.], v. 10, n. 4, p.1113-1113, 12 dez. 2017. Centro Universitário de Maringá. <http://dx.doi.org/10.17765/2176-9168.2017v10n4p1113-1132>.

SIMIONI, F. J.; HOEFLICH, V. A. Cadeia produtiva de energia de biomassa na região do Planalto Sul de Santa Catarina: uma abordagem prospectiva. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 34, n. 6, p.1091-1099, 2010.

SOARES, Thelma Shirlen et al. Otimização de multiprodutos em povoamentos florestais. **Revista Árvore**, Viçosa - MG, v. 27, n. 6, p.811-820, 2003.

