

REAPROVEITAMENTO DE GASES CONDESÁVEIS EM FORNOS - FORNALHAS

Thalles Loiola Dias^{1*}; Talita Baldin¹; Edy Eime Pereira Baraúna¹; Fernando Collen¹; Sâmara Magdalene Vieira Nunes¹

¹ Departamento de Engenharia Florestal, Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), Montes Claros/MG, Brasil.

* e-mail do autor correspondente: thallesloiola1@gmail.com

Resumo: Objetivou-se realizar o reaproveitamento dos gases condensáveis do processo de carbonização enviesado ao reaproveitamento de coprodutos da carbonização da madeira. Para isso, um condensador em fluxo ascendente-descendente de vapores foi acoplado ao sistema fornos-fornalha da Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Montes Claros. Após a carbonização e a coleta dos líquidos, determinou-se a umidade, densidade a granel e aparente do carvão, rendimento gravimétrico, quantidade de atíços, cinzas, carvão e produtos condensáveis produzidos. Além disso, foi monitorada a temperatura média máxima da copa e o tempo de carbonização. Para o carvão produzido a umidade foi de 5,53%, a densidade a granel de 161,03 Kg/m³, densidade aparente 345,33 Kg/m³, rendimento gravimétrico 26,32%, atíços 688,10 Kg, cinzas 105 Kg, quantidade de carvão produzida 1284,50 Kg, produção de condensáveis 148,06 L. A implantação do condensador se mostrou eficiente, sem comprometer o rendimento e a qualidade do carvão vegetal.

Palavras-chave: *Licor Pirolenhoso; Siderurgia Sustentável; Efeito Estufa; Mudanças Climáticas.*

REUSE OF CONDESABLE GASES IN FURNACES TYPE OVEN - FURNACES

Abstract: The aimed this paper reuse the condensable gases of the carbonization process skewed to the reuse of wood carbonization co-products. To this end, a vapor ascending-descending flow condenser was coupled to the oven - furnaces System of the Federal University of Minas Gerais, Montes Claros campus. After carbonization and collection of liquids, the moisture, bulk and apparent density of coal, gravimetric yield, quantity of firewood, ash, coal and condensable products produced were determined. In addition, the maximum average cup temperature and carbonization time was monitored. For coal produced moisture was 5.53%, the bulk density of 161.03 kg/m³, apparent density 345.33 kg/m³, gravimetric yield 26.32%, activates 688.10 kg, gray 105 kg , amount of coal produced 1284.50 kg, production of condensable 148.06 L. The implantation of the condenser was efficient, without compromising the yield and quality of charcoal.

Keywords: *Pyroligneous Liqueur; Sustainable Steel; Greenhouse Effect; Climate changes*



1. INTRODUÇÃO

A mudança climática é uma questão crítica global que causa maior conscientização sobre a gestão de emissões de gases de efeito estufa (GEE). O planejamento das ações climáticas é uma das principais prioridades dos países para reduzir as emissões de GEE e fortalecer a resiliência climática, conforme apontado pelo Acordo de Paris [1]. Em apoio a esses objetivos, tem havido um esforço internacional para combater as mudanças do clima. Por exemplo, a União Europeia (UE) estabeleceu recentemente uma visão clara no European Green Deal sobre como alcançar a neutralidade climática até 2050 [2].

Dados da FAO indicam uma tendência transparente de aceleração da produção global de carvão vegetal, que aumentou 19% de 2005 a 2015 e 46% nos últimos 20 anos [3], sendo o Brasil líder no setor. Embora a produção comercial de carvão vegetal tenha se mostrado danosa ao meio ambiente, não há garantia de eliminá-la devido ao nível de demanda.

Mediante a alta demanda do carvão vegetal para inúmeros fins, e a instauração de políticas públicas e metas para a redução dos GEE, objetivou-se neste estudo, realizar o reaproveitamento dos gases condensáveis do processo de carbonização enviesado ao reaproveitamento de coprodutos da carbonização da madeira.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1 Local de estudo e obtenção das amostras

O experimento encontra-se instalado na Universidade Federal de Minas Gerais, Campus Montes Claros sob coordenadas geográficas LAT S:16,689 e LONG O: -43,841.

Para a presente carbonização utilizou-se 4880 Kg de madeira com densidade média de 0,55 g/cm³ e umidade em 23,56%, a madeira foi doada pela empresa Nova Esperança e o material genético corresponde ao clone i144 (*Eucalyptus Urograndis* x *Eucalyptus Urophylla*) e apresentava um diâmetro médio de 14 cm.

2.2 Instalação do condensador em fornos-fornalha

Para recuperação dos coprodutos condensáveis (extrato pirolenhoso e alcatrão), um condensador em fluxo ascendente-descendente de vapores foi acoplado ao sistema fornos-fornalha (Figura 1). Os fornos-fornalha utilizados foram construídos por meio do edital JOF 1069/2019, projetado em desenho circular com quatro fornos interligados a uma fornalha central queimadora de gases (patente nº BR1020150309333). O condensador foi instalado entre o forno e a fornalha (seta vermelha, Figura 1B), com o objetivo principal de que a combustão da fornalha favoreça o fluxo dos gases em direção ao condensador.



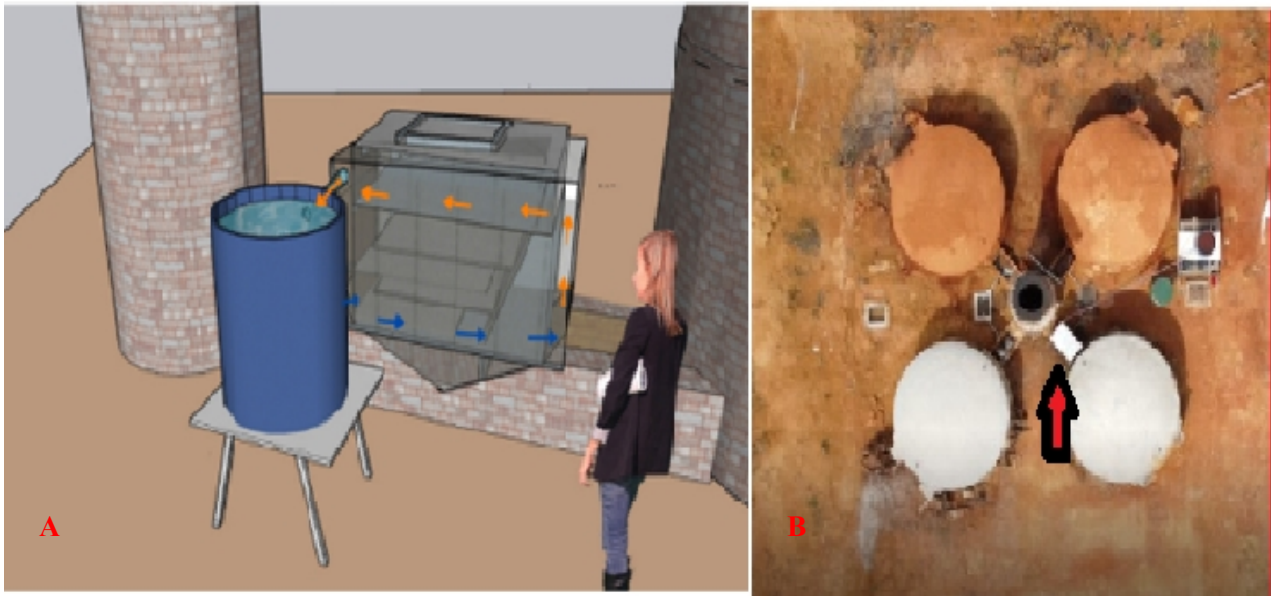


Figura 1 –(A) Desenho da vista frontal do condensador em fluxo ascendente-descendente de vapores; (B) Fotos do condensador instalado.

2.3 Carbonização da madeira e coleta dos gases condensáveis

A marcha de carbonização utilizada está de acordo com o manual de operação do sistema fornos-fornalha que recomenda a divisão em 4 faixas. Para o diâmetro e umidade da madeira enforada utilizou-se as seguintes temperaturas(°C):160 a 170, 250 a 270, 340 a 350 e 350 a 360 e tempo de duração da faixa de: 12, 12, 24 e 18 horas, respectivamente correspondentes as faixas I, II, III e IV. A temperatura foi aferida com pirômetro e o recolhimento dos condensáveis em um tambor metálico com capacidade de 200 litros.

2.4 Avaliação do carvão vegetal

Determinou-se a umidade do carvão vegetal utilizando amostra de 50g com o auxílio da balança determinadora de umidade Bel i-thermo G163L. Para a densidade a granel utilizou-se caixa de polietileno com volume aproximado de 0,078m³ e balança para aferição da massa. Já a densidade aparente foi estimada mediante o método de deslocamento de água conforme [4] adaptada do carvão mineral da norma americana [5]. As quantidades de atíços, finos, cinzas e carvão vegetal foram obtidas através da pesagem direta. A mensuração do volume de condensáveis ocorreu pela diferença do peso entre o recipiente vazio e cheio, obtendo assim a massa de condensáveis cuja foi multiplicada pela sua densidade (1,1 Kg/L).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura final de carbonização (Tabela 1) atingiu o prescrito na literatura, de 300 °C para produção de carvão vegetal [6]. Altas temperaturas não são ideais na produção de carvão para siderurgia, assim como elevadas taxas de aquecimento, por isso, a entrada de ar deve ser

constantemente monitorada.

Tabela 1: Resultados da carbonização da madeira com aproveitamento dos gases

| RESULTADOS DA CARBONIZAÇÃO | | | |
|--------------------------------------|--------|---------------------------------------|---------|
| Umidade do carvão vegetal (%) | 5,23 | Cinzas (Kg) | 105,00 |
| Densidade a Granel Kg/m ³ | 161,03 | Quantidade de Carvão Produzida (Kg) | 1284,50 |
| Densidade Aparente Kg/m ³ | 345,33 | Temperatura Média Máxima da Copa (°C) | 374,35 |
| Rend. Gravimétrico (%) | 26,32 | Temperatura Máxima da Copa (°C) | 404,35 |
| Atiços (Kg) | 688,10 | Tempo de Carbonização (horas) | 66,00 |
| Produção de Condensáveis (L) | | | 148,06 |

Fonte: Autores

O rendimento gravimétrico em carvão vegetal foi considerado satisfatório, uma vez que a média nacional é de 26% de acordo com os dados do [7]. Os resultados encontrados também são próximos aos valores mencionados na literatura: [8] de 28,3%, [9] de 33,6% para madeira fina (DAP entre 6 a 14) e 31,6% para madeira grossa (DAP entre 15 a 20 cm).

O rendimento total de condensáveis (licor e alcatrão) foi cerca de 148 litros, equivalente a 132 kg, totalizando 2,75% da madeira enfiada. Este valor, mesmo que incipiente, é atrelado à alta densidade do licor (aproximadamente 1,1), a baixa densidade da madeira e ao seu teor de umidade (cerca de 23,56% quando carbonizada), o que reduziu as emissões de gases durante o processo. Espera-se com as novas carbonizações, operadores treinados e parâmetros da carbonização ajustados, alcançar valores superiores de líquidos condensáveis.

A densidade a granel do carvão apresentou-se inferior àquela para a utilização siderúrgica entre 220 a 280kg/m³, reflexo provável da baixa densidade básica da madeira, valores de densidade relativa aparente apresentaram valores próximos aos valores indicados por [10] que menciona valores acima de 400 kg m³ para temperatura final de 550°C e encontra-se próximo ao recomendado por [11]. Dessa forma, a quantidade de matéria carbonizada por unidade de volume foi menor em comparação com madeiras de eucalipto geralmente utilizadas na carbonização, como por exemplo clones de *Eucalyptus urophylla* [12].

4. CONCLUSÕES

A implantação do condensador mostrou-se eficiente, sem comprometer o rendimento em carvão vegetal. Entretanto ainda requer melhorias visando aprimorar e aumentar o percentual de gases condensáveis, o que possibilita uma renda extra ainda maior aos que os reaproveitam.

Sugere-se a partir deste trabalho, realizar-se a instauração da carbonização em ciclo fechado com reaproveitamento de condensáveis avaliando a viabilidade econômica para pequenos produtores.

5. REFERÊNCIAS

- [1]. PIETRAPERIOSA, Filomena et al. Urban climate change mitigation and adaptation planning: are italian cities ready? *Cities*, [S.L.], v. 91, p. 93-105, ago. 2019. Elsevier BV.
- [2]. PLA, Miguel A. Mateo et al. From traffic data to GHG emissions: a novel bottom-up methodology and its application to valencia city. *Sustainable Cities And Society*, [S.L.], v. 66, p. 102643, mar. 2021. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.scs.2020.102643>
- [3]. D. Abbas, I. Abdelgadir, S. Alvarez, K. Andrasko, I. Animon, K. Baker, A. Baral, R. Beach, A. Bernard, N. Berrahmouni, et al. Forestry for a low-carbon future: Integrating forests and wood products in climate change strategies. *Forestry for a low-carbon future* (2016).
- [4]. OLIVEIRA, J. B. de; GOMES, P. A.; ALMEIDA, M. R. DE.1982. Estudos Preliminares de Normalização de Testes de Controle de Qualidade do Carvão Vegetal. In: *Carvão Vegetal: destilação, carvoejamento, propriedades, controle de qualidade*. CETEC. 173p.
- [5]. AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D-167-73, Philadelphia, Pa: American Society for Testing and Materials.
- [6]. ALMEIDA, M. R.; RESENDE, M. E. A.O processo de carbonização contínua da madeira. In: PENEDO, W.R. (Ed.) *Produção e utilização de carvão vegetal*. Belo Horizonte: CETEC, 1982. p. 141-156.
- [7]. Centro de Gestão e Estudos Estratégicos – CGEE, “Modernização da produção de carvão vegetal no Brasil: subsídios para revisão do Plano Siderurgia”. Brasília, 2015.
- [8]. CARDOSO, M. T.; DAMÁSIO, R. A. P.; CARNEIRO, A. C. O.; JACOVINE, L. A. G; VITAL, B. R.; BARCELLOS, D. C. Construção de um sistema de queima de gases da carbonização para redução da emissão de poluentes. *Cerne, Lavras*, v. 16, Suplemento, p. 115-124, 2010.
- [9]. DONATO, D. B. Desenvolvimento e avaliação de fornalha para combustão dos gases da carbonização da madeira. 2017. 89f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2017.
- [10]. SANTOS, M. A. S. Parâmetros de qualidade do carvão vegetal para uso em alto-forno. In: *FÓRUM NACIONAL SOBRE CARVÃO VEGETAL*, 1., 2008, Anais [...]. Belo Horizonte: UFMG, 2008.
- [11]. BOTREL, M. C. G. et al. Melhoramento genético das propriedades do carvão vegetal de *Eucalyptus*. *Revista Árvore, Viçosa, MG*, v. 31, n. 3, p. 391-398, 2007.
- [12]. PROTÁSIO, T. P.; COUTO, A. M.; TRUGILHO, P. F.; JUNIOR, J. B. G.; JUNIOR, P. H. L.; SILVA, M. O. Avaliação tecnológica do carvão vegetal da madeira de clones jovens de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla*. *Scientia Forestalis*. Piracicaba, v. 43, n. 108, p. 801-816, 2015.