

## **Teste de Combustão espontânea do carvão vegetal de *Eucalyptus sp.* de diferentes granulometrias**

Bruna Duque Guirardi<sup>1</sup>; Gabrielle Fialho Abranches<sup>1</sup>; Gustavo Mattos Abreu<sup>1</sup>; Frances Alves Andrade<sup>1</sup>; Benedito Rocha Vital<sup>1</sup>; Angélica de Cassia Oliveira Carneiro<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Laboratório de Painéis e Energia da Madeira (LAPEM), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa/MG, Brasil – [lapem@ufv.br](mailto:lapem@ufv.br)

**Resumo:** A segurança no transporte de carvão vegetal, regulamentada pela Resolução ANTT nº 5.947/21, envolve custos devido à classificação como produto perigoso e à necessidade de medidas específicas. A classificação desse material como perigoso, como feito pela Resolução ANTT nº 5.947/21, o designa como Classe 4.2 de risco de combustão espontânea. A Provisão Especial nº 223 e orientações da SUCAR oferecem flexibilidade, desde que os testes sigam normas das Nações Unidas. O teste de combustão espontânea no carvão vegetal segue o Manual de Ensaios e Critérios, o qual estabelece que o teste deve ser realizado nas dimensões comerciais do produto. No entanto, o carvão vegetal é comercializado em dimensões maiores que os cestos utilizados durante esse teste. Assim, o objetivo desse trabalho foi avaliar diferentes dimensões das amostras para o teste de combustão espontânea. Observou-se que independente da granulometria estudada, os carvões vegetais não sofreram combustão espontânea.

**Palavras-chave:** Transporte, Classe de risco 4.2, Resolução ANTT nº 5.947/21.

## **Spontaneous combustion test of *Eucalyptus sp.* charcoal with different grain sizes**

Bruna Duque Guirardi; Gabrielle Fialho Abranches; Gustavo Mattos Abreu; Frances Alves Andrade; Benedito Rocha Vital; Angélica de Cassia Oliveira Carneiro

<sup>1</sup>Wood Panels and Energy Laboratory (LAPEM), Federal University of Viçosa, Viçosa/MG, Brazil – [lapem@ufv.br](mailto:lapem@ufv.br)

**Abstract:** Safety in the transportation of charcoal, regulated by ANTT Resolution 5.947/21, involves costs due to its classification as a hazardous product and the need for specific measures. The classification of this material as hazardous, as per ANTT Resolution 5.947/21, designates it as Class 4.2 risk of spontaneous combustion. Special Provision No. 223 and SUCAR guidelines offer flexibility, as long as the tests follow United Nations standards. The spontaneous combustion test on charcoal follows the Manual of Tests and Criteria, which states that the test must be carried out on the commercial dimensions of the product. However, charcoal is sold in much larger sizes than the baskets used during this test. The aim of this study was therefore to evaluate different sample sizes for the spontaneous combustion test. It was observed that regardless of the particle size studied, the charcoal did not spontaneously combust.

**Keywords:** Transportation, Risk Class 4.2, ANTT Resolution No. 5,947/21.



Engenharia  
Industrial  
Madeireira



SOCIEDADE BRASILEIRA  
DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DA MADEIRA

### **1. INTRODUÇÃO**

O transporte de carvão vegetal deve seguir regulamentações, como a Resolução da ANTT nº 5.947/21, a qual aborda as diretrizes para o transporte terrestre de produtos perigosos. A classificação desses produtos como perigosos e a adoção das medidas adequadas para o seu transporte geram custos para essa atividade. A Resolução ANTT nº 5.947/21 classifica o carvão vegetal na Classe 4.2, a qual indica que o material sólido tem risco de combustão espontânea.

Devido a essa classificação, o setor é impactado diretamente com custos adicionais e dificuldades, tanto para o transporte nacional, quanto para sua exportação. Segundo Dias Júnior (2018), para atender a essas medidas de segurança impostas na Resolução ANTT nº 5.947/21, o custo de transporte do carvão vegetal pode aumentar em até 30%.

No entanto, os processos de classificação e transporte enfrentam desafios, especialmente para pequenos produtores de carvão, devido às complexidades e custos gerados para esses testes. Nesse contexto, a Provisão Especial nº 223 e o comunicado emitido pela Superintendência de Serviços de Transporte de Cargas (SUCAR) oferecem orientações e flexibilidades, desde que os testes realizados sigam critérios específicos estabelecidos pelas Nações Unidas.

Esse teste de combustão espontânea no carvão vegetal segue a norma do Manual de Ensaio e Critérios (Recomendações Sobre o Transporte de Mercadorias Perigosas) da Organização das Nações Unidas (ONU, 2019). Onde especifica-se que os testes para materiais sólidos classificados na categoria sujeito a combustão espontânea devem ser feitos em amostras com suas dimensões comerciais, ou seja, depende das dimensões de cada material, sendo assim não se tem uma padronização de granulometria pré-estabelecido para esse teste. No entanto, as dimensões comerciais do carvão vegetal são superiores aos cestos que devem ser utilizados para proceder com o teste de combustão espontânea em materiais sólidos.

Diante do exposto, o presente estudo tem como objetivo avaliar duas granulometrias diferentes das amostras de carvões vegetais de *Eucalyptus sp.* no teste de combustão espontânea preconizado pelo Manual de Ensaio e Critérios (Recomendações Sobre o Transporte de Mercadorias Perigosas) pela ONU.

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 Seleção do material e preparação

Os carvões vegetais utilizados nesse estudo foram provenientes de carbonizações realizadas no sistema forno-fornalha com madeiras de clones de *Eucalyptus sp.* Após a coleta, as amostras foram quarteadas e selecionadas em montes opostos para a realização das análises de propriedades do carvão vegetal (Tabela 1) e teste de combustão espontânea.

Para as propriedades do carvão vegetal, seguiu-se a norma ABNT NBR 8112 para determinar o teor de umidade (ABNT, 1986), norma NBR 6922 para a densidade a granel (ABNT, 1981), norma NBR 9165 para densidade relativa aparente (ABNT, 1985) e norma ABNT NBR 8112 para química imediata (ABNT, 1986).

Tabela 1. Propriedades do carvão vegetal estudado

Teor de umidade (%)	Densidade aparente (kg/m <sup>3</sup> )	Densidade a granel (Kg/m <sup>3</sup> )	Teor de materiais voláteis (%)	Teor de cinzas (%)	Teor de carbono fixo (%)
4,58	391,01	160,88	19,23	0,62	80,14

Para o teste de combustão espontânea, foram utilizadas amostras de carvão vegetal livre de contaminação por alcatrão, com diferentes granulometrias, sendo uma granulometria maior com aproximadamente 12x5x5 cm e outra com uma granulometria menor com aproximadamente 5x3x5 cm (Figura 1).

**Figura 1.** Amostra de carvões vegetais com diferentes granulometrias.



## 2.2 Ensaio de não combustão espontânea

A análise de combustão espontânea no carvão vegetal foi realizado segundo a norma do Manual de Ensaios e Critérios (Recomendações Sobre o Transporte de Mercadorias Perigosas) da Organizações das Nações Unidas (ONU, 2019). Onde as amostras de carvão vegetal foram colocadas em uma sequência de três recipientes, um dentro do outro, confeccionados em tela de aço inoxidável.

O teste foi realizado em uma estufa com temperatura de 140 °C, sendo a temperatura aferida a cada 1 hora, pelo período de 24 horas. Esse teste é considerado positivo, ou seja, a amostra sofre combustão espontânea quando a temperatura da amostra excede a 60 °C acima da temperatura da estufa de 140°C, ou seja, temperatura superior a 200 °C. Caso a amostra não exceda essa temperatura da estufa, considera-se que o carvão vegetal não entrou em combustão espontânea.

## 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do teste de combustão espontânea para carvões vegetais de *Eucalyptus sp.* com diferentes granulometrias estão na figura 2.

Observa-se que as amostras não excederam a 60°C da temperatura da

estufa, de aproximadamente 140°C. Sendo assim o teste é considerado como negativo, ou seja, essas amostras não sofreram combustão espontânea, independente da granulometria. Em comparativo com as duas granulometrias, observa-se que a amostra de carvão vegetal com granulometria maior manteve-se com temperatura ligeiramente menor que a da estufa. Já as amostras com granulometria menor, em algumas medições, se mantiveram com temperatura próxima à da estufa.

Esse fato pode ser explicado pela transferência de calor ser mais lenta em amostras maiores, em comparação com as menores, devido principalmente a diferença entre a área superficial dessas amostras. Segundo estudos de Dias Junior et. al (2015) e Rohde (2005), a granulometria do carvão vegetal influencia diretamente na sua capacidade de auto ignição e em sua perda de massa durante a combustão. Sendo assim, quanto maior for seu tamanho maior será a temperatura para iniciar os citados processos.

**Figura 2.** Teste de combustão espontânea em carvões vegetais com diferentes granulometrias.

#### 4. CONCLUSÃO

Pode-se concluir com a realização desse trabalho que as amostras de carvões vegetais de *Eucalyptus sp.* com as diferentes granulometrias estudadas não sofrem combustão espontânea.

#### 5. AGRADECIMENTOS

Ao conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Minas Gerais (FAPEMIG), a

Universidade Federal de Viçosa (UFV), ao Laboratório de Painéis e Energia da Madeira (LAPEM), à Sociedade de Investigações Florestais (SIF), à EMBRAPA Fibras Florestais.

## 6. REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT. **Resolução Nº 5.947, de 1º de junho de 2021.** Atualiza o Regulamento para o Transporte Rodoviário de Produtos Perigosos e aprova as suas Instruções Complementares, e dá outras providências. Brasília: ANTT, 2021. Disponível em: [https://anttlegis.antt.gov.br/action/ActionDatalegis.php?acao=abrirTextoAto&link=S&tipo=RES&numeroAto=00005947&seqAto=000&valorAno=2021&orgao=DG/ANTT/MI&codTipo=&desItem=&desItemFim=&cod\\_modulo=161&cod\\_menu=5408](https://anttlegis.antt.gov.br/action/ActionDatalegis.php?acao=abrirTextoAto&link=S&tipo=RES&numeroAto=00005947&seqAto=000&valorAno=2021&orgao=DG/ANTT/MI&codTipo=&desItem=&desItemFim=&cod_modulo=161&cod_menu=5408). Acesso em: 25 abril de 2024.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9165:** Carvão vegetal - Determinação da densidade relativa aparente, relativa verdadeira e porosidade. Rio de Janeiro: ABNT, 1985. 8 p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, ABNT. **NBR 6922:** Carvão vegetal – Ensaios físicos determinação da massa específica (densidade à granel). 1981. 2p.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 8112:** Carvão vegetal: análise imediata. Rio de Janeiro, 1986. 8 p.

DIAS JÚNIOR, A. F. **Carvão vegetal para cocção de alimentos: aspectos mercadológicos e de qualidade para o consumo.** 2018. 105 f. Tese (Doutorado em Recursos Florestais) - / Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 2018.

DIAS JÚNIOR, A. F.; BRITO, J. O.; ANDRADE, C. R. Granulometric influence on the combustion of charcoal for barbecue. **Revista Árvore**, v. 39, p. 1127-1133, 2015.

ROHDE, G. M. **Evidências Científicas da Impossibilidade da Combustão Espontânea do Carvão Vegetal Produzido no Estado do Rio Grande do Sul.** Série Técnica Especial. CIENTEC, Porto Alegre, 2005.

SUPERINTENDÊNCIA DE SERVIÇOS DE TRANSPORTE DE CARGAS – SUCAR/ AGÊNCIA NACIONAL DE TRANSPORTES TERRESTRES – ANTT. **Comunicado SUCAR - Transporte de Carvão Vegetal.** Brasília: 2010. Disponível em: <https://antthml.antt.gov.br/comunicado-sucar-transporte-de-carvao-vegetal>. Acesso em: 24 abril 2024.



Engenharia  
Industrial  
UFPEL  
Madeireira



SOCIEDADE BRASILEIRA  
DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
DA MADEIRA

UNITED NATIONS – ONU. Recommendations on the Transport of Dangerous Goods. **Manual of tests and criteria.** Seventh revised edition. New York and Geneva, 2019.

