

## **PADRONIZAÇÃO DAS CONDIÇÕES DE DEGRADAÇÃO TERMOGRAVIMÉTRICA DA CASCA DE LIMÃO TAHITI EM REATOR DE LEITO FIXO NA PRODUÇÃO DE CARVÃO**

**Isabelle Feitosa Assunção<sup>1</sup>, Emilly Kelly Pereira da Silva<sup>2</sup>, Thiago Minuzzi Batista<sup>3</sup>, Elaine da Cunha Silva Paz<sup>4</sup>**

<sup>1,2</sup>Estudantes do Curso Técnico em Controle Ambiental Integrado ao Ensino Médio – IFTO. Bolsista do Programa de Iniciação Científica IFTO. e-mail: <isabelle.assuncao@estudante.ifto.edu.br>; <emilly.silva10@estudante.ifto.edu.br>

<sup>3</sup>Estudante do Curso Técnico em Informática para Internet Integrado ao Ensino Médio – IFTO. e-mail: <thiago.batista4@estudante.ifto.edu.br>

<sup>4</sup>Docente da Coordenação de Meio Ambiente – IFTO Palmas. Orientador(a). e-mail: <elaine@ifto.edu.br>

### **1 INTRODUÇÃO**

O Brasil se destaca no agronegócio, com a citricultura sendo uma das principais fontes de receita, produzindo diversas frutas, entre as quais o limão Tahiti ocupa posição de destaque. Essa variedade de limão, de origem Citro Americana, provém da Califórnia, Estados Unidos, e foi introduzida no Brasil por volta de 1870, a partir de sementes trazidas do Taiti, resultando em uma nova variedade de lima-ácida (Oliva et al., 2017). Atualmente, o Brasil é o quinto maior produtor mundial de limão, ficando atrás apenas de Índia, México, China e Argentina, respondendo por 7,5% da produção global.

O consumo nacional médio da fruta é de 0,548 kg/ano (Vidal et al., 2021). Na Região Sudeste, o consumo foi o maior, com uma média de 0,808 kg/ano, seguido pelas regiões Norte (0,503 kg/ano), Centro-Oeste (0,361 kg/ano), Nordeste (0,355 kg/ano) e Sul (0,271 kg/ano) (Fagundes et al., 2008). Os resíduos do limão representam uma biomassa lignocelulósica e, devido à sua abundância, podem ser uma alternativa para a produção de energia e outros produtos químicos (Gundupalli et al., 2022).

O interesse nos resíduos da casca de limão tahiti vão além da sua disponibilidade. Ainda não houve uma análise completa das propriedades de sua biomassa para a produção de carvão e outras aplicações (AHMAD et al., 2021).

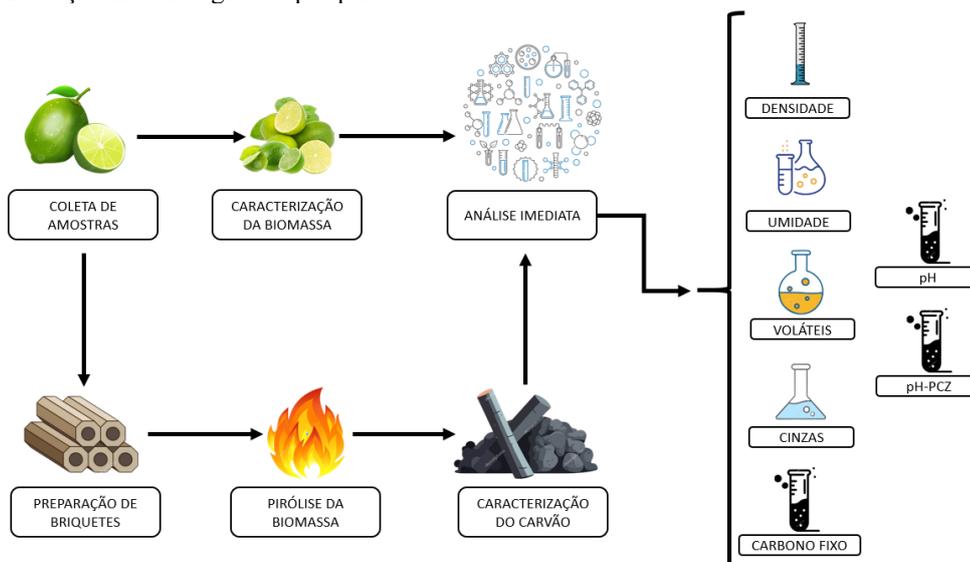
### **2 OBJETIVO**

O objetivo geral é investigar as condições experimentais para obtenção de carvão a partir de degradação termogravimétrica dos resíduos da casca de limão tahiti, empregando um planejamento experimental.

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

Foram coletados resíduos da casca de limão tahiti em lanchonetes da cidade de Palmas. Para obtenção da biomassa, a casca de limão Tahiti foi seca em uma estufa da marca Thoth, modelo Th-520-150, série 23010, com potência de 300W, à temperatura de 50°C, por um período de 24 horas. Em seguida, a casca foi triturada em um liquidificador. A Figura 1 apresenta a evolução dos procedimentos realizados com a biomassa da casca do limão tahiti utilizada neste projeto.

Figura 1 – Evolução metodológica da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2024)

A caracterização química das amostras será feita nos laboratórios de Análises Físico-químicas de Águas e Efluentes (IFTO – Palmas) e Laboratório de reaproveitamento de resíduos e sustentabilidade energética – LARSEN (IFTO – Palmas). Os parâmetros investigados deram-se segundo dos métodos descritos na Tabela 1.

Tabela 1 – Parâmetros analisados

	<b>Parâmetro medido</b>	<b>Método analítico</b>
Análise Imediata da biomassa	Umidade	ASTM D 3173-87
	Material Volátil	ISO 562:1974
	Cinzas	ASTM 2415-66/86
	Carbono Fixo	ABNT NBR 8299:1983
Análise Imediata do carvão	Umidade	ASTM D 3173-87
	Material Volátil	ISO 562:1974
	Cinzas	ASTM 2415-66/86
	Carbono Fixo	ABNT NBR 8299:1983
	pH	ASTM D3838-05
	Número de Iodo - (I <sub>2</sub> )	NBR 12073:1991

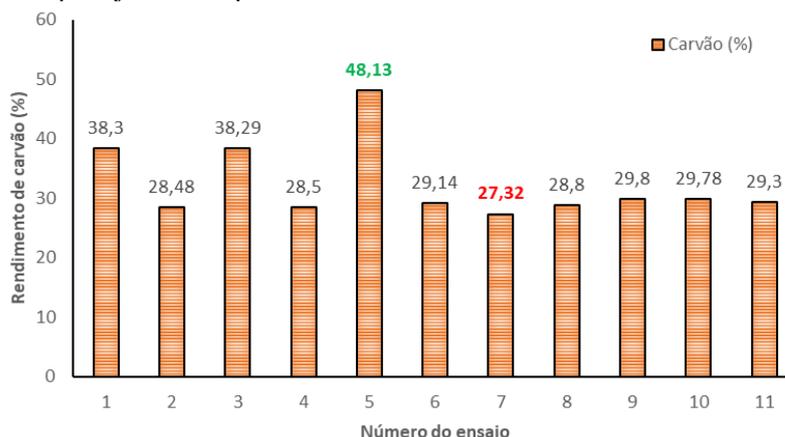
Fonte: Autoria própria (2024)

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para determinação do modelo matemático que representa a degradação termoquímica do resíduo da casca do limão tahiti, foram empregados os dados apresentados na Figura 2, que dispõe dos resultados dos 11 ensaios realizados das condições previstas no plano de trabalho.

Já na Tabela 2 estão apresentados os resultados referentes a análise imediata da biomassa e do carvão, realizados em conformidade com os métodos analíticos consolidados na literatura.

Figura 2 – Resultado do planejamento experimental



Fonte: Autoria própria (2024)

Conforme observa-se na Figura 2, o maior rendimento de carvão (48,13%) foi obtido no ensaio nº 5, com condições experimentais de: (a) temperatura a 360 °C e (b) taxa de aquecimento a 20 °C/min. Já o menor rendimento de carvão foi da ordem de 27,32%, sendo nas condições de 500 °C e 13 °C/min. A equação que descreve o modelo para obtenção de carvão em % é:

$$\text{Carvão (\%)} = -5,808 * X_1 + 4,515 * X_1^2 + 0,263 * X_2 - 0,772 * X_2^2 + 0,007 * X_1 * X_2 + 29,626$$

Onde:  $X_1$  corresponde ao valor codificado da temperatura e  $X_2$  diz respeito ao valor codificado da taxa de aquecimento.

A partir do modelo, pode-se observar o efeito negativo que a temperatura provoca na obtenção de carvão (-5,808). Observa-se também a baixa influência da taxa de aquecimento na resposta final do modelo (0,263).

Tabela 2 – Resultados dos parâmetros analíticos

Variável analítica	Biomassa	Carvão 640 °C
Umidade	0,79%	2,82%
Material volátil	85,51%	38,45%
Cinzas	2,44%	1,98%
Carbono fixo	11,25%	56,75%
pH	-	9,4

Fonte: Autoria própria (2024)

Com o intuito de uma pirólise eficiente, é necessário que as partículas da biomassa possuam um teor de umidade menor que 15% (Benevides, 2015). No presente projeto a biomassa apresentou baixo teor de umidade devido ao processo de secagem realizado no processamento do resíduo.

Circhia (2016) destaca que quanto menor o teor de cinzas, melhor a eficiência energética dos subprodutos. Dessa forma, nota-se que os percentuais de cinzas presentes tanto na biomassa quanto no carvão são bastante baixos, representando 2,44% e 1,98% para biomassa e carvão, respectivamente.

## 5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa demonstrou que a degradação térmica da casca de limão tahiti, sob condições controladas, resultam em elevados percentuais de obtenção de carvão, com rendimento máximo de 48,13%. A análise dos dados experimentais indicou que a temperatura exerce uma influência negativa na eficiência do processo, enquanto a taxa de aquecimento apresentou menor influência. Tal estudo em relação aos fatores de ajuste do processo de pirólise confirmam a importância do controle dos parâmetros operacionais para otimizar a produção de carvão a partir de resíduos sólidos urbanos.

Além disso, a caracterização química da biomassa e do carvão evidenciou um baixo teor de cinzas, o que melhora a eficiência energética dos subprodutos. A baixa umidade da biomassa, obtida por meio da secagem adequada, contribuiu para o bom desenvolvimento da pirólise.

Dessa forma, a destinação final dos resíduos de casca de limão tahiti para a produção de carvão contribui diretamente para o desenvolvimento sustentável. Esse processo promove o aproveitamento de resíduos sólidos urbanos e agrícolas, reduzindo o desperdício e minimizando os impactos ambientais.

## 6 Agradecimentos (obrigatório para trabalhos que receberam qualquer tipo de fomento ou bolsa)

Agradecemos ao CNPq e ao IFTO pelo fomento e apoio para a execução do projeto que possibilitou a realização desta pesquisa.

## REFERÊNCIAS

- AHMAD, R. K. et al. Exploring the potential of coconut shell biomass for charcoal production. **Ain Shams Engineering Journal**, 2021.
- BENEVIDES, L. C. (2015) **Pirólise do bagaço de laranja: análise cinética dos estágios de secagem e devolatilização**. 2015. 175 f. Tese (Mestrado em Energia, na área de concentração Engenharia, Tecnologia e Gestão) – Universidade Federal do Espírito Santo, São Mateus, 2015.
- CIRCHIA, Maria V. **ESTUDO CINÉTICO DA PIRÓLISE DA BIOMASSA DA CASCA DE LARANJA**. 2022. 49. TCC (Bacharelado) Engenharia de Alimentos, Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR), Medianeira. 2022.
- Fagundes, P. R. S., Almeida, G. V. B., Ferraz, M., Olivette, M. P. A. (2008) O Mercado de Lima Ácida Tahiti. Instituto de Economia Agrícola, **Análises e Indicadores do Agronegócio**, Volume 3, nº 12, 2008.
- GUNDUPALLI, Marttin Paulraj et al. (2022) Liquefação hidrotérmica de biomassa lignocelulósica para produção de bioóleo e subprodutos: estado atual da Arte e desafios. **Biocombustíveis e Bioenergia**, p. 61-84, 2022.
- OLIVA, Flávio Alberto et al. (2017) **Cultura do limão no Brasil: custo de produção e lucratividade**. In: Colloquium Agrariae. 2017. p. 65-70.
- VIDAL, M. F. (2021) **Limões e limas: Alternativa para diversificação da produção em pequenas propriedades rurais na área de atuação do BNB**, 2021