ISSN: 2594-6153

# Estudo do Arraste de Finos no Interior de Fornos Rotativos Aplicados na Calcinação do Coque verde de Petróleo para a Produção de Coque Calcinado de Petróleo: Revisão de Literatura

Luiz Roberto de Oliveira, Edinaldo Pereira da Silva

Universidade Santa Cecília (Unisanta), Santos - SP, Brasil
E-mail: lrobeveira@gmail.com.br

**Resumo:** Foi realizada uma revisão sistemática de literatura nos portais CAPES, SciELO, *Web of Science* e *ResearchGate*, analisando 50 artigos, 2 teses de doutorado e 2 dissertações de mestrado sobre a calcinação do coque verde de petróleo em fornos rotativos. A pesquisa focou no funcionamento dos fornos, processamento do coque, e aspectos de saúde, segurança e meio ambiente. O objetivo é criar uma base científica para realização de um estudo experimental sobre o arraste de finos de coque no interior do forno rotativo que produzem coque calcinado de petróleo empregado na produção de anodos de carbono essenciais para a produção de alumínio.
**Palavras-chave:** coque verde de petróleo, coque calcinado de petróleo, finos de coque, calcinação, forno rotativo.

## Study of Fines Entrainment in Rotary Kilns applied in the Calcination of Green Petroleum Coke for the Production of Calcined Petroleum Coke: Literature Review

**Abstract:** A systematic review was conducted on the CAPES, SciELO, Web of Science, and Research Gate portals, analyzing 50 articles, 2 doctoral thesis, and 2 master's dissertations on the calcination of green petroleum coke in rotary kilns. The research focused on kiln operation, coke processing, and aspects of health, safety, and environmental impact. The goal is to create a scientific foundation for an experimental study of fine entrainment in rotary kilns, which produces calcined petroleum coke used in the production of carbon anodes essential for aluminum production.
**Keywords:** green petroleum coke, calcined petroleum coke, coke dust, calcination, rotary kiln.

## Introdução

Há 120 anos, o coque calcinado de petróleo (CCP) é utilizado na fabricação de anodos de carbono utilizados na redução eletrolítica da alumina ($Al_2O_3$) no processo *Hall-Héroult* de produção do alumínio (Al). O coque calcinado se destaca pelo seu baixo custo, disponibilidade e alta pureza em carbono [1]. O coque verde de petróleo (CVP), derivado do processamento de frações líquidas do petróleo, é um sólido de alta concentração de carbono, utilizado na produção do CCP [2, 3]. O processo de calcinação do CVP ocorre principalmente em fornos rotativos, além de fornos de soleira e fornos eixo vertical [4, 5, 6], o forno rotativo é a tecnologia mais utilizada (Figura 1), realizando a troca térmica entre o coque e os gases no interior do forno [7]. Durante a calcinação, a umidade e os compostos voláteis são removidos, e o coque passa por expansão e contração para atingir

ISSN: 2594-6153

propriedades desejadas para anodos de carbono [8]. O processo pode resultar em arraste de finos, impactando negativamente na produtividade e o meio ambiente [9], a otimização do processo é crucial para melhorar a eficiência e reduzir as perdas [10, 11] e a literatura existente ainda é limitada, evidenciando a necessidade de mais estudos e experimentos para aprimorar as estratégias de calcinação.



**Figura 1 –** Imagem de um forno rotativo utilizado na calcinação do coque verde de petróleo [4].

**Objetivo:** O objetivo deste artigo foi realizar uma revisão sistemática de literatura para analisar a otimização do processo de calcinação do coque verde de petróleo (CVP), focando na operação de fornos rotativos e na influência dos parâmetros operacionais no arraste de partículas finas.

**Material e Métodos**

O método adotado neste estudo baseia-se em uma extensa revisão bibliográfica, envolvendo teses, dissertações e artigos disponíveis na base de dados CAPES, SciELO, *Web of Science* e *Research Gate*. Para a coleta experimental de dados e informações sobre o arraste de finos, será utilizada uma unidade piloto localizada no laboratório de operações unitárias da Universidade Santa Cecília, em Santos/SP. Esta unidade será adaptada para realizar os experimentos necessários para o desenvolvimento do estudo (Figura 2).

ISSN: 2594-6153



**Figura 2 –** Imagens da unidade piloto que será adaptada e utilizada para os experimentos.

**Resultados**

A revisão de literatura revelou um total de 50 artigos científicos, com a maior concentração de publicações entre 2011 e 2020, conforme ilustrado no infográfico da figura 3, a classificação dos artigos por tópicos relevantes e a indicação de uma predominância de temas específicos relacionados ao processo de calcinação do CVP (figura 4).

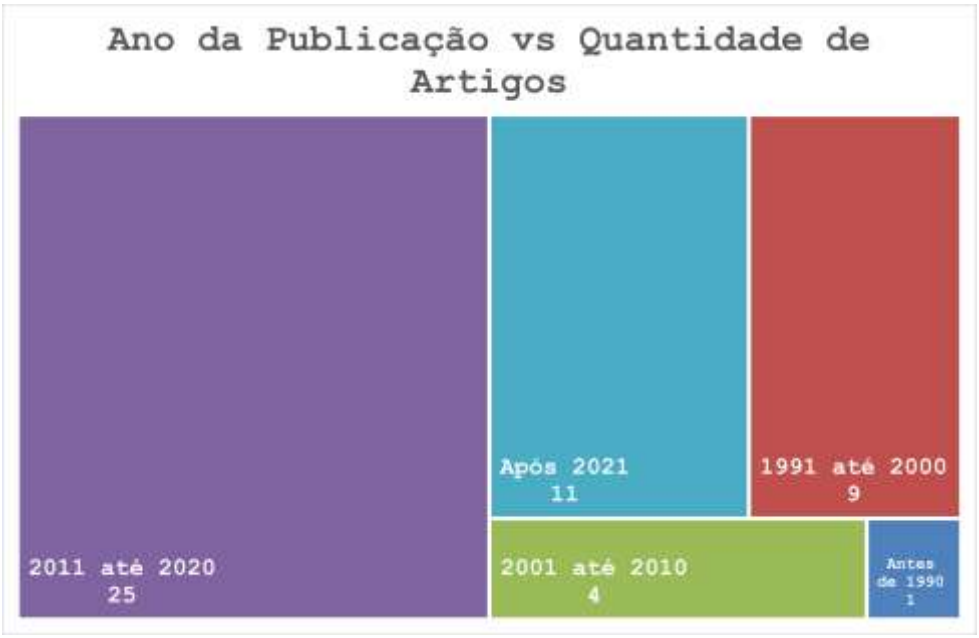


**Figura 3** - Mapa de Árvore demonstrativo da quantidade de artigos pesquisados por ano de publicação.

ISSN: 2594-6153




**Figura 4 –** Mapa de Árvore demonstrativo da quantidade de artigos por assuntos de relevância.

Os principais periódicos que publicam sobre o tema incluem *Carbon*, *Fuel* e *Light Metals*, sendo este último notável pela publicação anual de artigos provenientes de congressos promovidos pela TMS – *The Minerals, Metals & Materials Society.* Observou-se também uma significativa variação nos custos para acesso aos artigos completos, com valores variando de *US*$ 25,00 para artigos técnicos a *US*$ 65,00 para artigos relacionados ao meio ambiente e saúde. A alta frequência de cobrança por artigos completos destaca uma barreira potencial para o acesso à informação na área.

**Discussões**

A revisão bibliográfica destacou uma limitação na disponibilidade de literatura acessível sobre o arraste de finos em fornos rotativos para a calcinação do CVP, com muitos artigos exigindo pagamentos superiores a *US*$ 25,00, apesar disso foram identificados 50 artigos relevantes, dentre eles 32 focam no processo de calcinação, fornecendo dados essenciais sobre as condições operacionais e variáveis de processo, fundamentais para otimização dos fornos rotativos [2, 3, 10 e 11]. Além disso, quatro artigos discutem as características do CVP e do CCP, ajudando a compreender como esses materiais influenciam o desempenho do forno e a qualidade do produto final [12], a literatura também aborda o reaproveitamento de finos e questões ambientais, oferecendo novas perspectivas para a gestão de resíduos e redução de impactos ambientais [11].

A comparação com estudos anteriores reforça a necessidade de otimização do processo e redução do arraste de finos, alinhando-se com pesquisas anteriores [9]. A escassez de dados experimentais diretos sugere a necessidade de mais estudos empíricos

ISSN: 2594-6153

para validar teorias, experimentos na unidade piloto serão cruciais para testar hipóteses e implementar estratégias mais eficazes.

**Considerações Finais**

O levantamento bibliográfico realizado, abrangendo artigos científicos, teses, dissertações e livros sobre a calcinação do CVP em fornos rotativos, revelou diversas referências que têm relação direta com o tema do arraste de finos. Essas fontes fornecerão uma base sólida para o desenvolvimento de um estudo experimental, fundamental para gerar conhecimento crítico sobre o processo de calcinação do CVP, atendendo as necessidades de otimização e inovação nesse campo.

**Referências**

1. Edwards, L.; The history and future challenges of calcined petroleum coke production and use in aluminum smelting. Journal of the Minerals, Metals & Materials Society (JOM), v.67, n.2, p. 308-321, 2015.
2. Silva, E. P.; Modelos matemáticos empíricos para a densidade real e aparente do coque de petróleo a partir de dados industriais, Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo, 2008, 141 p.
3. Silva, F. M. S.; Estudo de Caso: efeitos da composição do material combustível volátil do coque verde de petróleo no perfil de temperatura de forno rotativo de calcinação, Dissertação de Mestrado, Instituto de Pesquisas Tecnológicas do estado de São Paulo, 2022, 193 p.
4. Ries, K.; Enhancing coke bulk density through the use of alternative calcining technologies, Light Metals, p. 945 -949, 2009.
5. Barraclough, W. F.; Rotary Hearth Calcining of Petroleum Cokes, Light Metals, p. 1189 – 1195, 2018.
6. Narvekar, R.; Mathur, A. K.; Botelho, J. A.; Design criteria for Petcoke calciners, Light Metals, p. 865 – 870, 2008.
7. Dion, M-J.; Darmstadt, H.; Malouin, L. M.; Duplain, E.; Soriano, D.; Huang, S.; CFD modelling of air injection nozzles in coke calcination kilns, identification of the best compromise between carbonaceous deposit formation and kiln performance, Light Metals, p. 815 – 821, 2024.
8. Mannweiler, U.; Petroleum coke production: delayed coking and calcining. R&D Carbon, Switzerland, Internal Publication, 1994.
9. Kocaefe, Y. S.; Dahmane, F.; Bui, R. T.; Proulx, A. L.; A study on coke dust generation in a rotary calcination kiln, Light Metals, p. 485 – 489, 1996.
10. Edwards, L.; Quality and process performance of rotary kilns and shaft calciners, Light Metals, p. 895 – 900, 2011.
11. Edwards, L.; Hunt, M.; Kuhnt, C.; Anhydrous Carbon Pellets – An engineered CPC Raw Material, Light Metals, p. 1309 – 1318, 2020.
12. Vitchus, B.; Cannova, F.; Childs, H.; Calcined coke crude oil to customer silo, Light Metals, p. 589 – 596, 2001.