

# COLEÇÃO “BOAS PRÁTICAS E TECNOLOGIAS NA PRODUÇÃO DE GESSO”



APL GESSO ARARIPE - PE  
EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

## EFICIÊNCIA ENERGÉTICA – ENERGIA TÉRMICA

Nº 01/2023



### INTRODUÇÃO

**Eficiência Energética** significa produzir algo ou realizar um serviço empregando **uma menor quantidade de energia**, mas sem prejudicar a qualidade do produto final ou do serviço. Ou seja, significa produzir a mesma coisa, ou até mais, mas sem desperdiçar energia.

Nos **processos e equipamentos térmicos**, onde há a produção de calor para realizar alguma transformação física ou química, ou ainda um tratamento térmico de um modo geral, usualmente se emprega muita energia. Entretanto, uma boa parte dessa energia sempre é perdida, tanto por questões intrínsecas ao próprio processo, quanto por mau uso. E esse mau uso é o vilão da história, mas que pode ser minimizado.

Nos calcinadores de produção de gesso, várias perdas de calor podem ser reduzidas, como é o caso da combustão, das perdas nas paredes e na operação dos equipamentos como um todo.

Usando-se a energia de forma eficiente, além da redução de custos que se consegue, também é possível conseguir uma melhoria da qualidade dos produtos finais e/ou redução de perdas, afora a redução das emissões atmosféricas poluentes.

### FLUXOS DE ENERGIA EM CALCINADORES

Conforme representado na **Figura 1** adiante, o calor fornecido pela queima de um combustível qualquer (lenha, óleo, coque ou gás) é direcionado ao material que está sendo processado (no caso a gipsita), mas também se dispersa por várias partes do calcinador, tais como: nos gases de exaustão da fornalha (chaminé), através das paredes por radiação e convecção, no vapor d'água da desidratação da gipsita e no próprio gesso aquecido quando é retirado do calcinador. **Só uma parcela em torno de 30-45 % é de fato o chamado calor útil**, que é de fato empregado na transformação da gipsita em gesso em pó.

Uma parcela muito grande do calor fornecido na combustão é perdida nos **gases quentes de exaustão na chaminé**, que pode variar entre 30 e 50 %, dependendo do tipo do calcinador e de suas condições operacionais. Partindo deste dado, reduzir esse montante ou tentar recuperá-lo parcialmente, são formas efetivas para garantir uma maior economia de energia, conforme tratado a seguir nos itens seguintes.

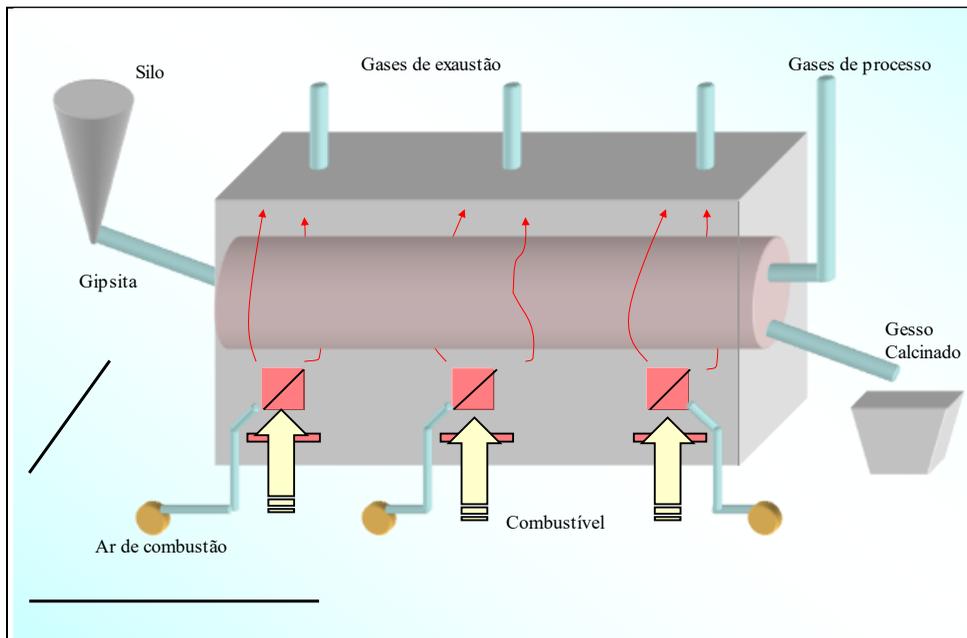


Figura 1 - Esquema simplificado de um calcinador e seus fluxos de entradas e saídas de materiais, insumos e gases.

## MELHORIA DA COMBUSTÃO

Operar uma boa combustão, independentemente do tipo do combustível usado, permite obter economias significativas nos calcinadores de produção de gesso. Cada tipo de combustível – lenha, óleo, coque ou gás tem suas características próprias, facilidades ou dificuldades, conteúdo energético, custos, como também exigem condições de combustão específicas para que se consiga uma **condição ótima de operação**, com menores perdas de calor na chaminé e de emissão de fuligem.

Para uma boa combustão três condições básicas são fundamentais:

- i) Ter uma câmara de combustão projetada corretamente para a capacidade energética que se deseja e de acordo com o tipo de combustível;**
- ii) Ter uma mistura bem homogênea e íntima entre o combustível e o ar de combustão (comburente);**
- iii) Ter uma proporção adequada entre as quantidades destes dois elementos (combustível e ar), que é variável de acordo com o tipo de combustível.**

Caso algumas destas condições não ocorram, pode ocorrer a produção de fuligem e uma perda excessiva de energia nos gases quentes na chaminé.

Essas perdas de calor elevadas nos gases quentes de exaustão (na chaminé) acontecem em todos os equipamentos térmicos atendidos pela queima de combustíveis, pois se trata de uma condição intrínseca ao processo de combustão industrial, mas que só pode ser atenuada quando se tem um ajuste adequado da **proporção ar/combustível**. Ou seja, é essencial não existir excesso de ar de combustão muito além do necessário, nem ter ar

insuficiente (faltar ar), que produz fuligem. O excesso de ar de combustão além do necessário acaba gerando perdas de calor ainda mais altas nos gases de exaustão (na chaminé). Portanto, quanto menor for esse “excesso de ar”, menores serão essas perdas.

Assim, para cada tipo de combustível há uma faixa ideal de mistura ar/combustível, conforme **Tabela 1**. Essas proporções de ar de combustão ideais podem ser controladas através de medições dos gases de chaminé, via teores de gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ) ou de oxigênio ( $\text{O}_2$ ), empregando-se analisadores de combustão (químicos ou eletrônicos).

*Tabela 1 - Excessos de ar de combustão ideais em função dos teores de  $\text{CO}_2$  ou de  $\text{O}_2$  na chaminé por tipo de combustível, medidos com analisadores de combustão.*

Combustível	% ideal de Excesso de Ar (%)	Faixa ideal na chaminé	
		de $\text{CO}_2$ (%)	de $\text{O}_2$ (%)
Lenha (em toras)	80 – 110	9,5 – 11,0	7,9 – 11,0
Lenha picada ou pó de serra	45 – 60	12,5 - 13,5	6,8 – 7,9
Óleo Combustível	10 - 25	12,5 – 13,5	2,0 – 4,5
Gás Natural	4 - 10	10,6 – 11,3	0,7 – 2,3



*Figura 2 - Kit Bacharach para medição de teor de dióxido de carbono ( $\text{CO}_2$ ) ou de oxigênio ( $\text{O}_2$ ) em gases de combustão.*

No caso da queima de lenha em toras é comum acontecer um descontrole muito grande na combustão, pois há momentos em que a câmara está com muito combustível e pouco ar de combustão e, em outros momentos, ao contrário, poia na medida em que a lenha vai sendo consumida, passa a existir muito ar de combustão que continua sendo injetado excessivamente. Assim, o processo de queima fica muito instável, e gera perdas de calor elevadas nos gases na chaminé e fuligem excessiva.

## RECUPERAÇÃO DE CALOR

Conforme mencionado, os calcinadores geralmente apresentam perdas de calor que podem atingir até 45% nos gases de exaustão na chaminé, conforme as condições de combustão e temperatura desses gases na saída da fornalha (e entrada na chaminé). É possível aproveitar parcialmente esse calor para preaquecer o próprio ar de combustão, adotando-se um sistema bastante simples, que consiste em um trocador de calor na saída do calcinador junto ao duto da chaminé.

Caso se consiga elevar a temperatura do ar de combustão até 120°C, por exemplo, a economia de energia que se consegue atinge 6%, conforme ilustrado da **Figura 3** a seguir.

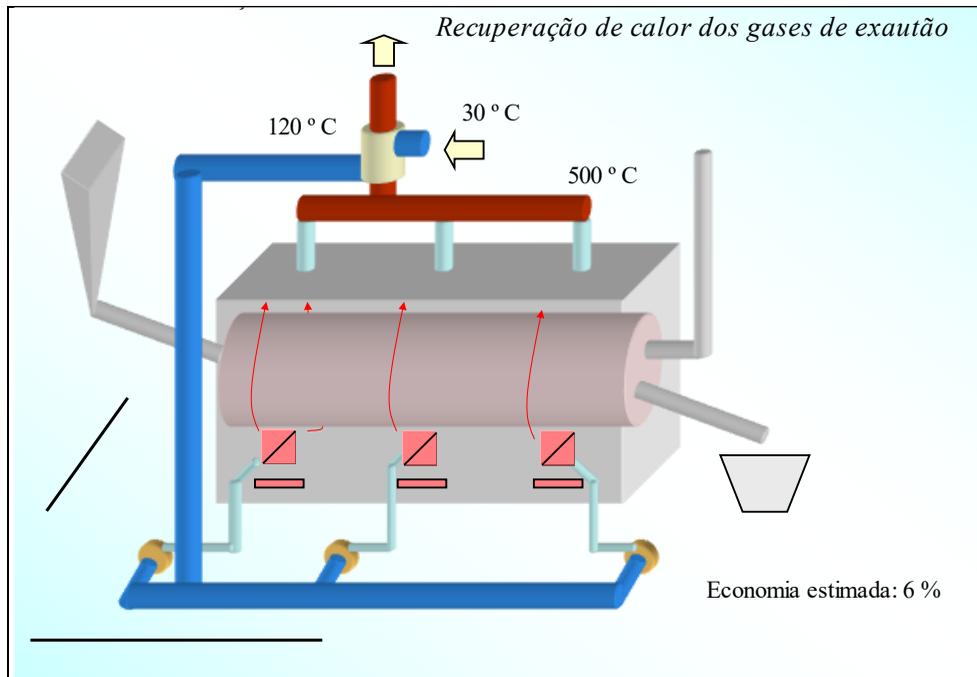


Figura 3 – Esquema da recuperação de calor aproveitando os gases quentes de exaustão na saída do calcinador.

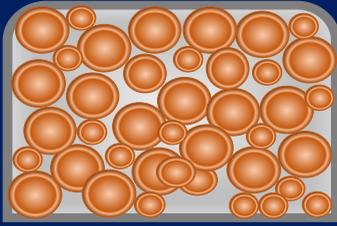
## ADEQUAÇÃO DO COMBUSTÍVEL

No caso do emprego de biomassas energéticas, uma forma de se conseguir maior estabilidade na queima e menor quantidade de ar de combustão, é usar lenha picada ou pó de serra, isto é, um material bem homogêneo e mais seco. Com isso, obtém-se uma melhor mistura de ar e combustível, e pode-se usar um menor volume de ar, o que traz economia de energia (**Figura 4**). E para que o sistema opere de forma ainda mais eficiente, o ideal seria que a alimentação de pó de serra ou de lenha picada fosse feita de forma contínua e automatizada.

Além dessas vantagens, ao se trabalhar com pó de serra ou lenha picada, uma parcela da umidade presente na lenha é suprimida naturalmente, o que não exige um “gasto extra” de energia para evaporar essa água durante a queima. Uma lenha muito “verde” pode conter mais de 30% de água, que representa um desperdício de energia.

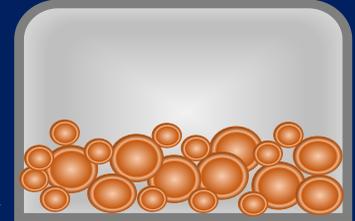
### Situação comum:

Queima com toras de diferentes formas e dimensões → Combustão irregular e inconstante



#### Fornalhas com excesso de lenha:

Falta de ar → Gera fuligem

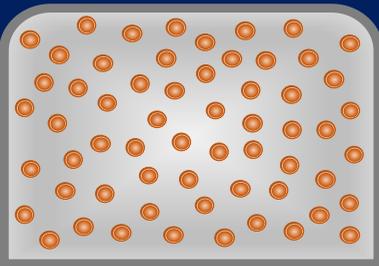


#### Fornalhas com pouca lenha:

Excesso de ar → Consumo elevado de lenha

### Situação desejável:

Queima com cavacos, briquetes ou serragem → Combustão constante



#### Fornalha com lenha picada em volumes estáveis e equilibrados:

- Redução na emissão de fuligem
- Economia de energia (biomassa)
- Melhor controle da temperatura no interior de fornos e fornalhas

**Quanto menores os pedaços de biomassa, pode-se ter melhor controle da quantidade de ar necessária para uma combustão eficiente e equilibrada.**

Figura 4 – Representação gráfica de fornalhas com excesso de lenha em toras, com pouca lenha e muito ar, e com pedaços pequenos de biomassa numa situação ajustada de ar de combustão.

## MELHORIA DO ISOLAMENTO TÉRMICO

A eficiência energética nos calcinadores também pode ser otimizada com o emprego de refratários de maior qualidade e com a instalação de revestimentos internos com mantas de fibra cerâmica aplicadas sobre a alvenaria refratária. Dessa forma é possível reduzir as perdas de calor por radiação e/ou convecção através das paredes e teto.

O dimensionamento adequado de paredes e a perfeita vedação de portas e fornalhas também contribuem para uma maior economia de energia.

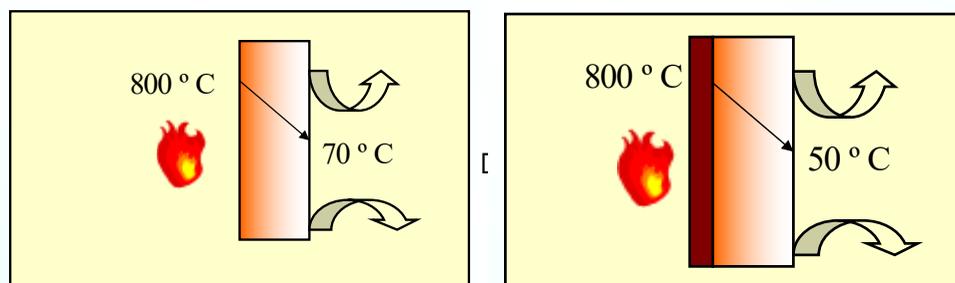


Figura 5 - Redução de perdas de calor através das superfícies: a esquerda – parede sem revestimento interno de fibra cerâmica; a direita – parede com revestimento, considerando em ambos a temperatura interna na fornalha a 800°C.

## CONTROLE DO PROCESSO

O controle do processo se faz fundamental, não somente para garantir uma boa qualidade dos produtos, mas também para evitar desperdício de energia.

Para tal, faz necessário o controle de tempo de cada batelada de produção, das temperaturas, da corrente elétrica de alguns motores, dentre outros. As temperaturas, na saída da fornalha do calcinador (ou entrada da chaminé), através de termopares (do tipo *chromel-alumel*) são importantes para controle da calcinação e garantir uma combustão dentro do padrão definido como ideal.



APL GESSO ARARIPE - PE

EFICIÊNCIA ENERGÉTICA

Este informe técnico faz parte do conjunto de materiais de disseminação tecnológica do Projeto “Eficiência Energética nos Arranjos Produtivos Locais (APL) da Produção de Gesso na Região do Araripe-PE”, a cargo do Instituto Nacional de Tecnologia (INT), e sob encomenda do Ministério de Ciência, Tecnologia e Inovação (MCTI). O Projeto busca promover o Uso Eficiente de Energia e a implementação de Fontes Renováveis de Energia, em particular de lenha sustentável e de energia solar fotovoltaica, dentre outros temas de interesse das empresas do polo gesseiro. O objetivo geral é fomentar maior produtividade no setor, além de proporcionar sustentabilidade no seu sentido mais amplo.

No site do Instituto Nacional de Tecnologia é possível ter acesso a outros materiais e temas dedicados ao setor gesseiro, tais como: uso de lenha picada, consumo específico de energia, energia solar fotovoltaica, entre outros.

Acesse: <https://www.gov.br/int/pt-br/central-de-conteudos/apl-gesso>

Elaborado por:

**Instituto Nacional de Tecnologia (INT)** - <https://www.gov.br/int/pt-br>

**Laboratório de Energia (LABEN) – Divisão de Avaliações e Processos Industriais (DIAPI)**

Contatos: [augusto.rodriques@int.gov.br](mailto:augusto.rodriques@int.gov.br) / [mauricio.henriques@int.gov.br](mailto:mauricio.henriques@int.gov.br)

**A reprodução total ou parcial deste material é permitida desde que mencionada a autoria do INT.**

Instituto Nacional de Tecnologia (INT). Eficiência energética. Coleção Boas Práticas e Tecnologias na Produção de Gesso, N° 01. Projeto APL Produção de Gesso na Região do Araripe-PE. Rio de Janeiro, 2023.

Parceria:



**SINDUSGESSO**  
Sindicato das Indústrias do Gesso do Estado de Pernambuco



Realização:



MINISTÉRIO DA  
**CIÊNCIA, TECNOLOGIA  
E INOVAÇÃO**

