

# **PROCESSO DE PIRÓLISE DE MADEIRA PARA OBTENÇÃO DE CARVÃO VEGETAL**

*METODOLOGIA E RESPOSTAS DOS ENSAIOS REALIZADOS*

***Belo Horizonte***

*22 de Fevereiro  
**2018***

The top of the slide features a green-tinted banner with a blurred background of laboratory glassware and a logo that reads 'MEAM'.

# Apresentações

- **FRANCISCO CARLOS LIMA DINIZ** – Fundador da empresa “Medições Ambientais Consultoria Ltda”. Especialista em Amostragem em Chaminés e Controle Ambiental desde 1976. Técnico em Química pelo COLTEC. Trabalhou no CETEC-Fundação Centro Tecnológico de Minas Geraí no período de 1976-1984 e na Albras Alumínio entre 1984-1986. Consultor das empresas ECOPAM – SP e ENERGÉTICA RJ no período de 1986 a 1990. Dessa forma, tem 30 anos de atuação na área.

# Objetivos

- **Avaliar a magnitude de impacto ambiental** no processo da pirólise de madeira a fim de **estabelecer o enquadramento adequado** (em função da presença de uma legislação específica para tal categoria) **considerando concentrações, taxas de emissão ou fator de emissão;**
- **Discutir a aplicabilidade da metodologia utilizada** ressaltando particularidades e as dificuldades na interpretação de resultados e o processo em estudo;



# Objetivos

- **Avaliar as emissões de potenciais poluentes gerados** no processo de pirólise de madeira em fornos distintos, que representam o maior percentual utilizado na produção de carvão vegetal para o setor.
- **Caracterizar quantitativamente e qualitativamente poluentes ou parâmetros de interesse** para o melhor entendimento da atividade do seguimento.



# Pirólise

- O princípio básico da pirólise de madeira consiste na **degradação térmica de biomassa na ausência total ou parcial de agente oxidante**, neste caso específico, o Oxigênio.
- Ciclo da carbonização:



# Pirólise

- Na sua grande maioria os **fornos operam em ciclos operacionais** definidos (em “**bateladas**”), com **temperaturas inferiores a 500° C**.
- O **produto final** de interesse, neste caso, é a **obtenção carvão vegetal**.



# Introdução- Pirólise

- **Tendência de emissões para o processo de pirólise** de madeira em faixas de temperatura de **200<sup>c</sup> a 500 °C** sendo:

**<250 °C**

secagem da madeira, **liberação de compostos orgânicos voláteis e vapor d'água**

**faixa >200°C  
a 280°C**

**considerada fase endotérmica**, evidencia-se a presença dos derivados tais como; **ácido acético, ácido fórmico, metanol, vapor d'água e CO<sub>2</sub>** (dióxido de Carbono é formado pela presença da fração de Oxigênio disponível para a reação).

# Introdução- Pirólise

>280 °C a  
380 °C

emissão predominante de compostos orgânicos (**voláteis e semi-voláteis, cadeia de substâncias orgânicas peso molecular intermediário**).

>380 °C a  
500 °C

considerada uma **fase exotérmica**, emissão de **compostos orgânicos de peso molecular elevado**. Há também nessa etapa presença de **emissão de alcatrão**.

# Introdução- Fornos e Emissões

- Os fornos, aglomerados em uma área previamente definida como “baterias” podem **alterar formatos ou capacidades**, porém, **mantem a similaridade do processo produtivo**;
- Emissões no ciclo operacional:
  - Compostos orgânicos (VOC, Semi-VOST);
  - Umidade;
  - Particulados;

**Intensidade e características do poluentes diferem de magnitude e particularidades**

# Introdução- Fornos e Emissões

- **A instalação de baterias de fornos acontece em áreas rurais** distantes de aglomerações urbanas, circundadas por florestas de eucalipto, fonte de obtenção da matéria prima;
- **Duração de um ciclo: depende das características operacionais de programação** do forno selecionado.



# Metodologia

- Modelo de fornos selecionados: **retangular, forno de encosta e circular;**
- Seleção de fornos: **representatividade;**
- Amostragens: **normas regulamentadas** e aceitas pelos principais órgãos fiscalizadores do país.
  - **Realizadas em triplicata triplicata em cada terço dos ciclos** dos fornos selecionados para os testes dos ensaios.

*As amostras que apresentaram alguma “não conformidade” foram descartadas mantendo-se no mínimo duas amostragens conclusivas por etapa do ciclo*



- Poluentes e Parâmetros avaliados:
  - **Material particulado** – Amostragens isocinéticas - EPA 5 , CETESB – L9221, ABNT NBR- 12019, 3080);
  - **Umidade** – ABNT NBR MB 3081
  - **Compostos Orgânicos Voláteis – (VOC)** Método EPA 18
  - **Óxidos de Nitrogênio** – EPA 7E
  - **Gases de combustão** – EPA 3C (Cromatografia gasosa – CO, VOC).

# Metodologia-Fornos Avaliados

- **Adaptação** do forno de encosta para a realização das amostragens isocinéticas.



Situação Normal do Forno de Encosta: 3 chaminés



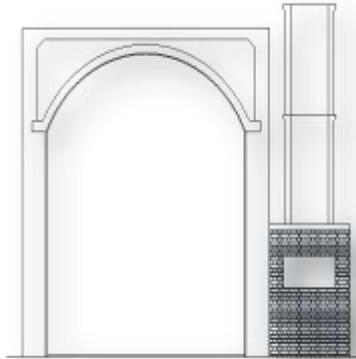
Condição do Forno após Adequação para Chaminé Única

# Metodologia



fonte de emissão durante a realização das amostragens e o equipamento de amostragem

# Metodologia



forno retangular utilizado na campanha de amostragens com sua respectiva chaminé.

# Metodologia



Forno Circular adaptado para a realização dos testes



# Conclusões

- As **amostragens foram consideradas representativas** para as condições nas quais foram realizados os ensaios.
- A **duração de um ciclo depende das características operacionais de programação do forno selecionado;**

# Conclusões

- Campanhas de amostragens em triplicatas, distribuídas em etapas durante o ciclo operacional buscaram **evidenciar situações de criticidade do processo de pirólise de madeira para a produção de carvão vegetal.**
- Por se tratar de um processo em **bateladas** torna-se prudente **avaliar a média dos resultados de interesse** para uma análise mais sustentada.
- **Variações de resultados são esperadas** diante da dificuldade de se repetir uma igualdade da carga os condições de processo.

The top of the slide features a green gradient header. On the left, there is a dark green circular logo with the letters 'MEAM' in white. The background of the header shows a blurred image of a person's hands working with a tool, possibly a saw or a similar piece of equipment, in a workshop or industrial setting.

# Conclusões

- A particularidade do processo da pirólise de madeira acontece de maneira **lenta e gradativa com controle de temperatura** e presença de Oxigênio em baixas concentrações, ou seja, **acontece a carbonização e não uma combustão;**
- “Material Particulado” nesse caso é **composto por resíduos sólidos contidos numa emulsão** (vapores de água, materiais solúveis, compostos orgânicos pesados, alcatrão e ácido pirolenhoso) emitidos pelas chaminés dos fornos;

# Conclusões

- Normalmente **emissão de SO<sub>x</sub>** tem a sua origem advinda da presença do **Enxofre num processo de combustão com um combustível fóssil** (óleos combustíveis, coque mineral) **ou numa incineração de resíduos contendo o referido elemento**. A formação exige a presença de Enxofre, Oxigênio, oxidação e catalizadores.
- No caso da **pirólise** de madeira a **formação desses compostos são irrelevantes** como pode ser comprovado com as análises realizadas em todos os fornos amostrados.

The top of the slide features a green header with a blurred background image of a person wearing a dark cap with the 'MEAM' logo. The word 'Conclusões' is written in a large, bold, green font on the right side of the header.

# Conclusões

- As **emissões acontecem em baixas vazões** e que contribui para um aspecto visual de uma **fumaça densa que é seguida de condensação** logo após o contato com o ambiente externo.
- Há nessas condições uma **limitação do raio de interferência do impacto no entorno** onde a precipitação de partícula (sólidas ou líquidas de maior densidade) acontece próxima à fonte geradora.



# Conclusões

- **Cuidados sobre a instalação da bateria de fornos:**
  - longe de aglomerações urbanas;
  - topografia e dados meteorológicos favoráveis à dispersão;
- Os compostos orgânicos, devidos às suas particularidades (principalmente os voláteis insolúveis e os seus respectivos odores) **permanecem na atmosfera por mais tempo sendo perceptíveis num raio maior além das baterias de fornos.**

The top of the slide features a green header with a blurred background image of a person wearing a cap with the 'MEAM' logo. The word 'Conclusões' is written in a large, bold, green font on the right side of the header.

# Conclusões

- Não há explicitamente listado na legislação ambiental vigente, **limites de odor para emissão ou imissão**, mas a simples **constatação da presença de odor é considerada um incômodo** e, portanto, **pelo conceito de poluição, considera-se com tal.**



# Conclusões

Nas **amostragens** realizadas nos respectivos fornos podemos considerar os seguintes **pontos relevantes**:

- Forno de Encosta:
  - As **maiores concentrações dos poluentes** avaliados assim como o **percentual de umidade encontram-se mais elevados no segundo terço** do ciclo operacional
  - **As maiores vazões são registradas no último terço** do ciclo.

- Forno Retangular
  - Analogamente as **elevadas concentrações dos poluentes e umidade** avaliadas encontram-se também **no segundo terço do ciclo**;
  - As **maiores vazões** encontram registradas **no primeiro terço do ciclo**.
- Forno Circular
  - As **maiores vazões** acontecem **no primeiro terço** do ciclo e as **maiores temperaturas** **no último terço do ciclo**.

# Conclusões

- As **concentrações de Nox**: abaixo do limite e determinação da metodologia empregada, ou seja,  $<22\text{mg}/\text{Nm}^3$ ;
- As concentrações de Sox: inferiores a  $10\text{ mg}/\text{Nm}^3$
- Compostos orgânicos voláteis (VOC): concentrações variaram significativamente durante o ciclo operacional;
  - Ressalta-se que a concentração de VOC é **apenas uma fração da carga orgânica total emitida.**

# Conclusões

- Para um **melhor entendimento sobre as emissões**, comportamento ao longo do ciclo operacional o **estudo direcionado busca subsídios técnicos para uma classificação pertinente** das referidas fontes quanto à **relevância de suas emissões durante o processo produtivo**;
- As particularidades do processo, localização das unidades, concentrações e emissões **fornecem informações para discussões técnicas para definir as condicionantes** que atendam às partes de interesse, setor produtivo e órgão regulamentador numa **legislação específica**;

# Conclusões

- Avaliando-se as **particularidades do processo e fornos utilizados**, o tratamento das emissões com exaustão forçada com uso de filtros ou similares, **vai de encontro ao procedimento padrão nos fornos de pirólise de pequeno porte** que representam a maioria dos fornecedores;
- **Não existe** na mesma legislação uma **classificação adequada ou específica que condiz com a atividade do segmento**;

# Conclusões

- A legislação alemã, **Ta Luft**, normalmente adotada pela FEAM como fonte de **referência**, não só estipula limites de concentrações, mas também, faz referências às taxas de emissão;
- Os **fornos de pirólise** podem ser considerados como “fontes potencialmente poluidoras de **baixo impacto**;

*OBS: Como um parâmetro de comparação, uma fonte com vazão de 300.000 Nm<sup>3</sup>/h com uma concentração de 100mg/Nm<sup>3</sup> (inferior ao limite de referência mencionado) teria uma taxa de emissão de 30 kg/h, maior do que a taxa de emissão dos fornos amostrados.*

# Dúvidas?



