



Aplicação da modelagem MICFD para avaliação do comportamento e formato da chama em um forno de cimento

Bárbara Borges Fernandes – Cinar Brasil



CBC
6^o CONGRESSO
BRASILEIRO
DO CIMENTO



Associação
Brasileira de
Cimento Portland



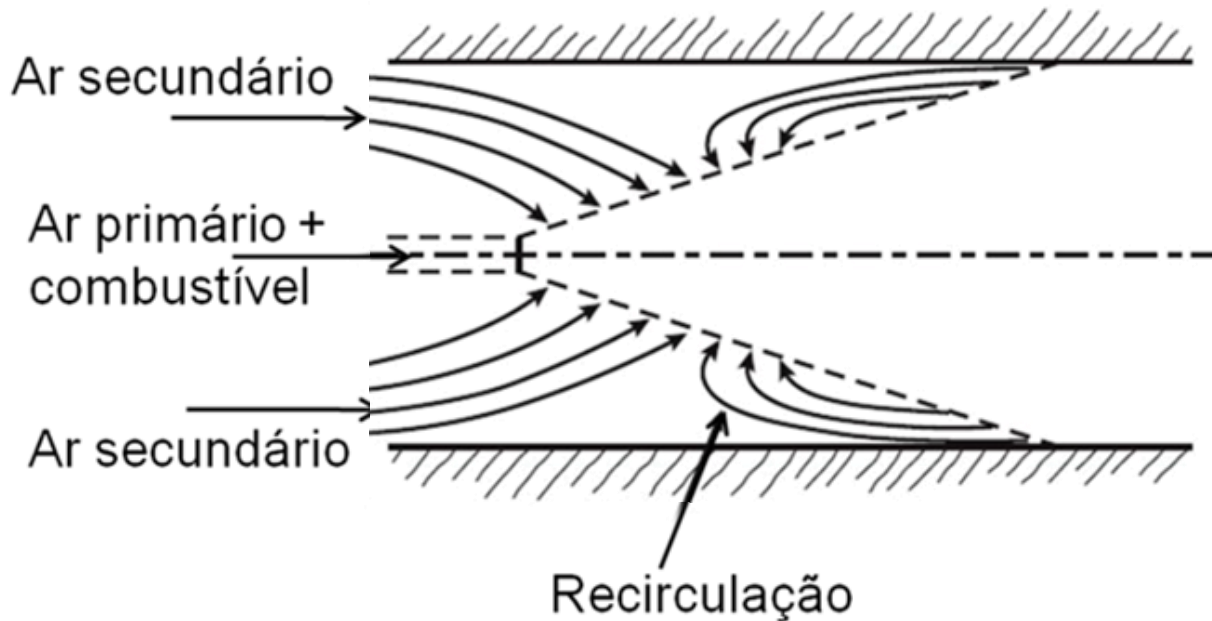
19 a 21 maio 2014 • São Paulo/SP • Brasil

- A maior parte dos custos operacionais em uma fábrica de cimento concentra-se na etapa de clínquerização
 - ↳ Maiores oportunidades de otimização do processo.
- Principais variáveis que influenciam o bom desempenho do clínquer:
 - Composição da matéria-prima da farinha
 - Mineralogia da matéria-prima da farinha
 - Tempo de residência
 - Perfil interno de temperatura no forno

- **Ajuste correto de chama**
 - Maior temperatura possível para aumentar a eficiência da troca térmica
 - Comprimento adequado para concentrar o calor na zona de queima
 - Posicionada no eixo central do forno e não sofrer oscilações
 - Proporcionar a combustão completa

Como obter o perfil térmico adequado?

- **Importância da mistura ar/combustível**



Momento de chama

$$M = \frac{\sum_i \dot{m}_i \cdot v_i}{PCI \cdot \dot{m}_{comb}}$$

Fatores que influenciam a aerodinâmica da chama

■ Fatores de projeto

- Geometria do forno
- Geometria do resfriador (retirada de ar terciário)
- Projeto e posição do queimador

■ Fatores operacionais

- Combustível (tipo, quantidade, granulometria, poder calorífico)
- Ar primário e secundário (vazão, temperatura, velocidade e direção)

A análise depende de todos esses fatores e é extremamente complexo analisá-los simultaneamente.

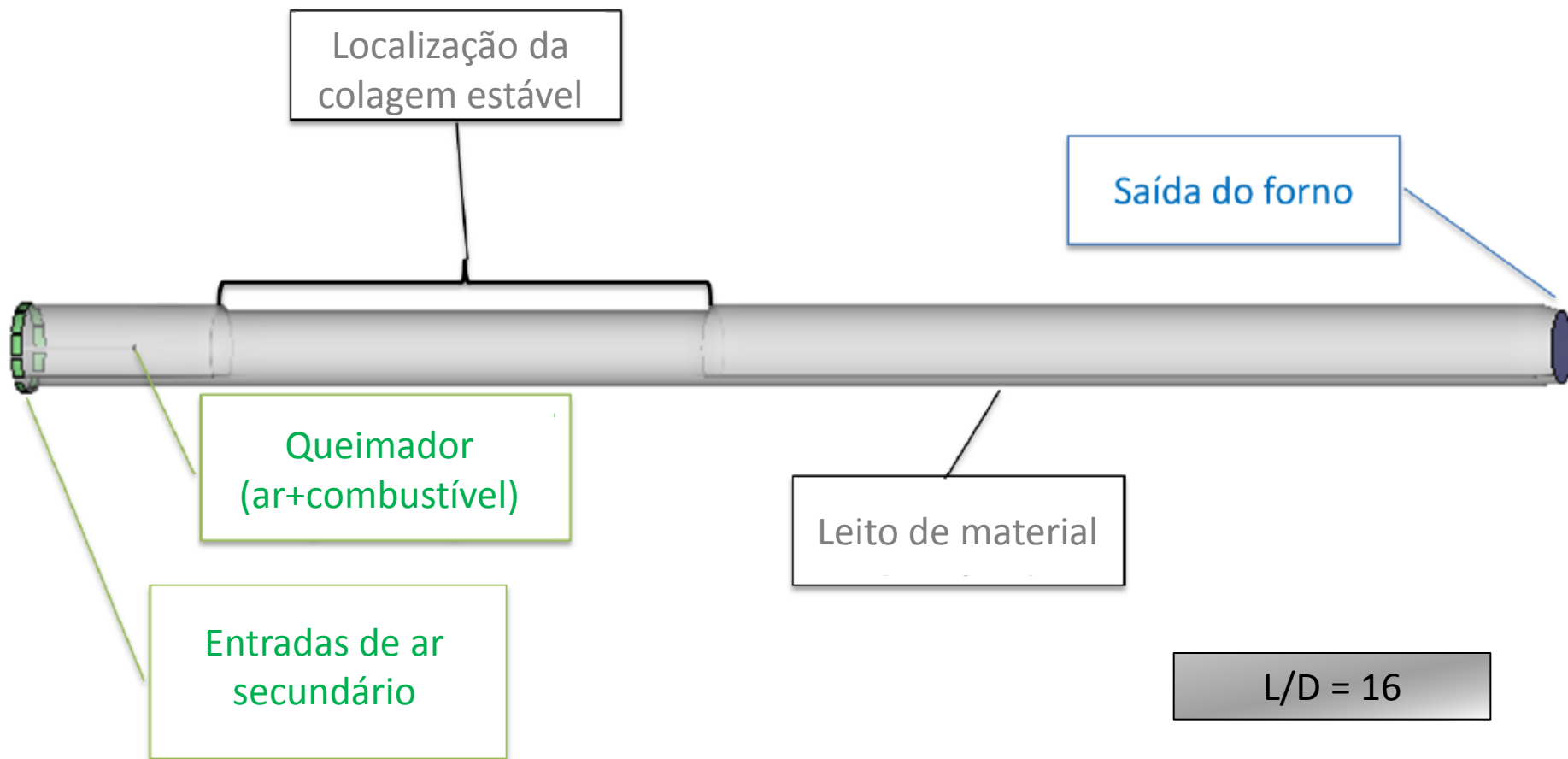


MODELAGEM MICFD
(*Mineral Interactive Computational Fluid Dynamics*)

- **Objetivo: Analisar a influência do momento de chama (N/MW) no formato e no comportamento da chama**

- **Condições**
 - Forno com capacidade de 2000 t/d clínquer
 - Resfriador planetário
 - Coque moído a 3% retido em 90 μ m
 - **Simulação 1: momento de chama baixo, igual a 5 N/MW**
 - **Simulação 2: momento de chama alto, igual a 15 N/MW**

- **Metodologia**
 - Análise do perfil de velocidade, de temperatura e de concentração de oxigênio no interior do forno.
 - Análise das trajetórias das partículas de combustível e rendimento da combustão.

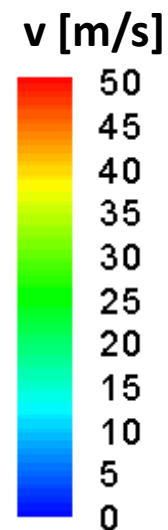
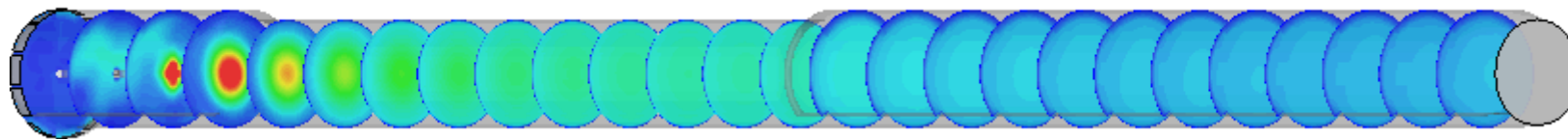


- Perfil de velocidade ao longo do forno

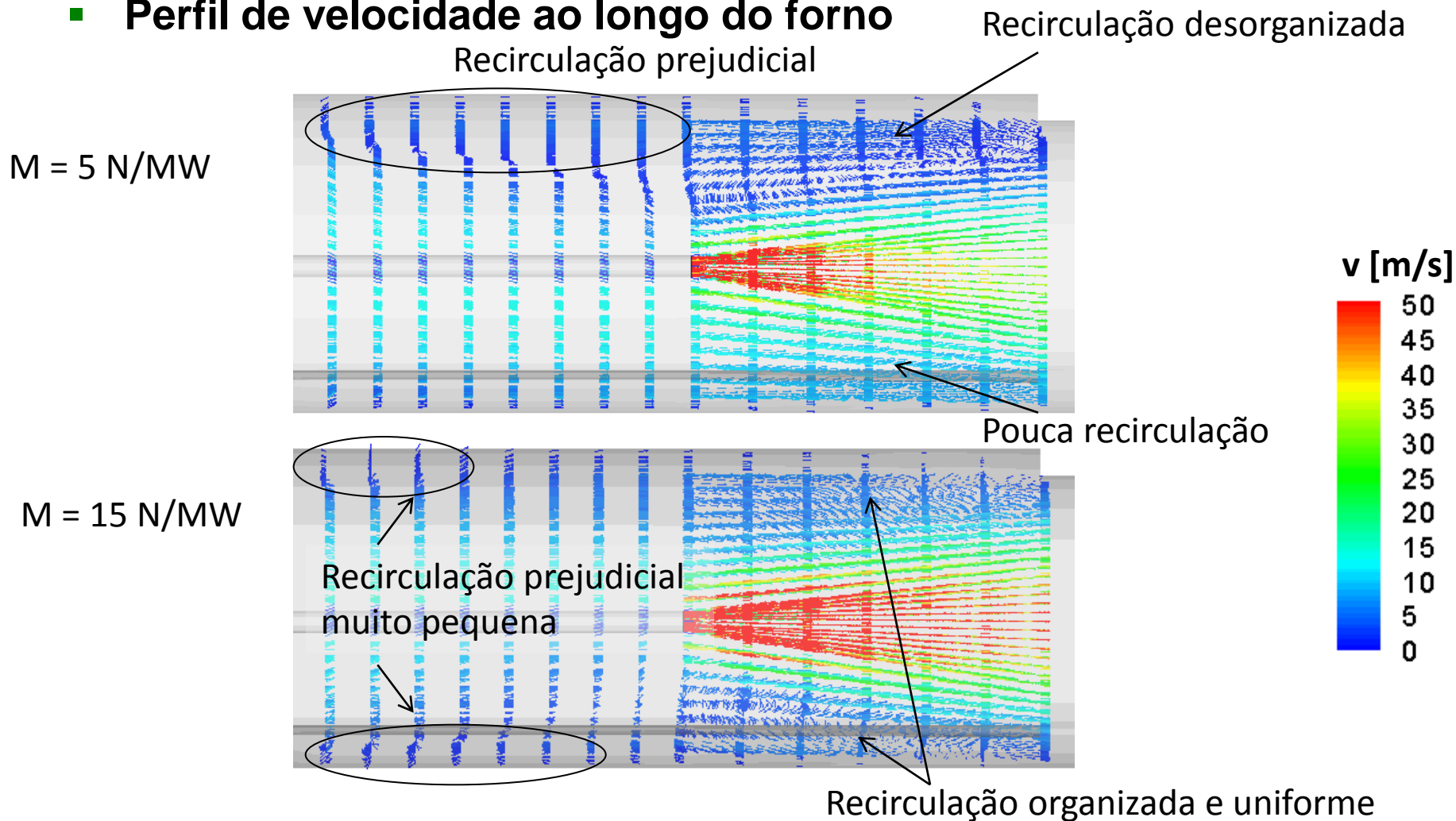
$M = 5 \text{ N/MW}$



$M = 15 \text{ N/MW}$



■ Perfil de velocidade ao longo do forno

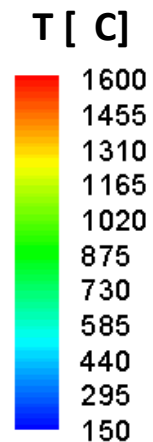
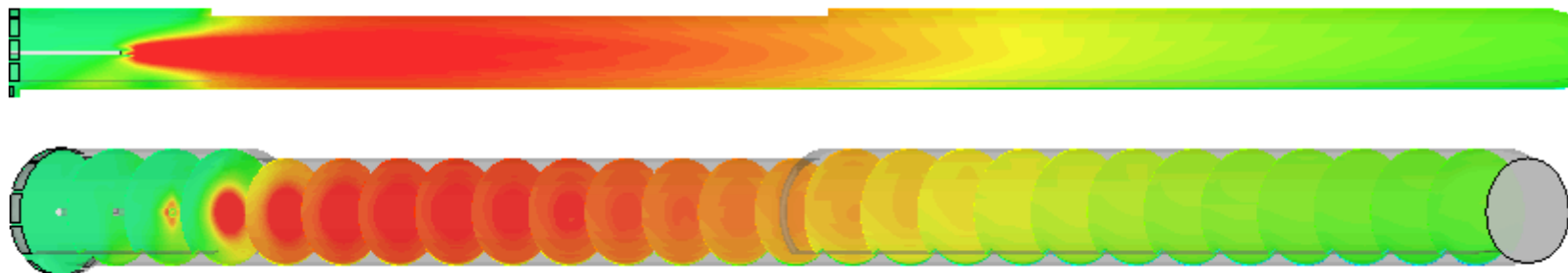


- Perfil de temperatura ao longo do forno

$M = 5 \text{ N/MW}$

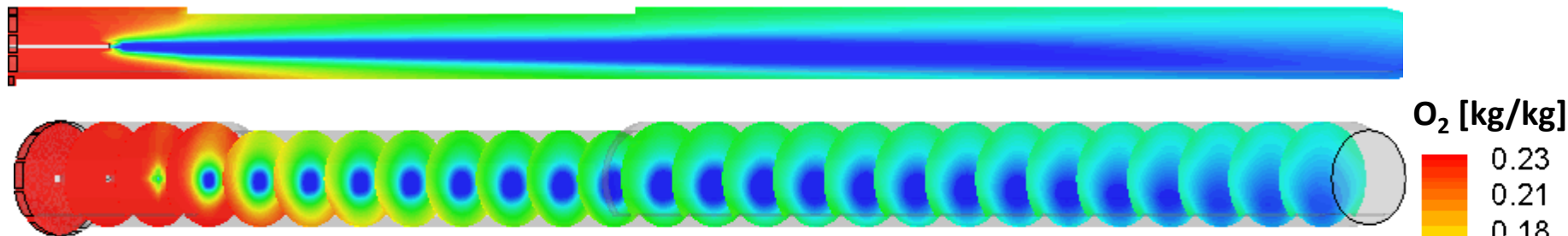


$M = 15 \text{ N/MW}$

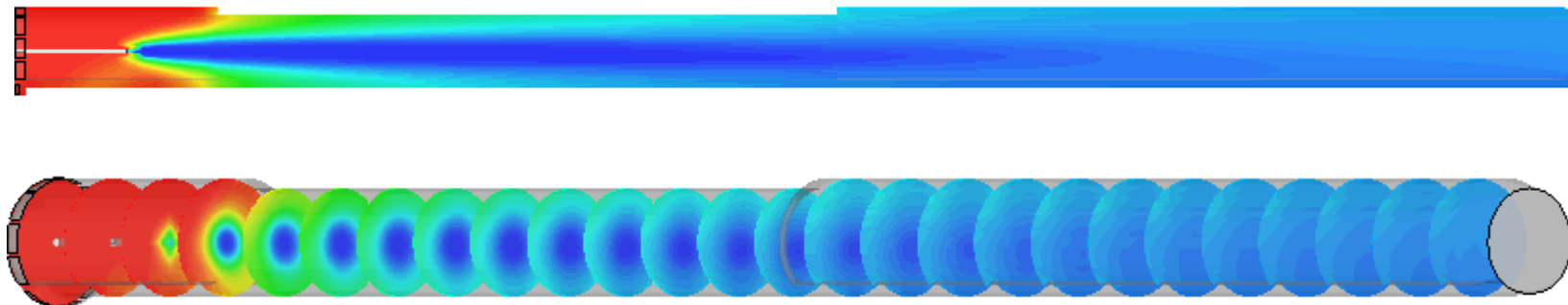


- Perfil de concentração de oxigênio ao longo do forno

M = 5 N/MW



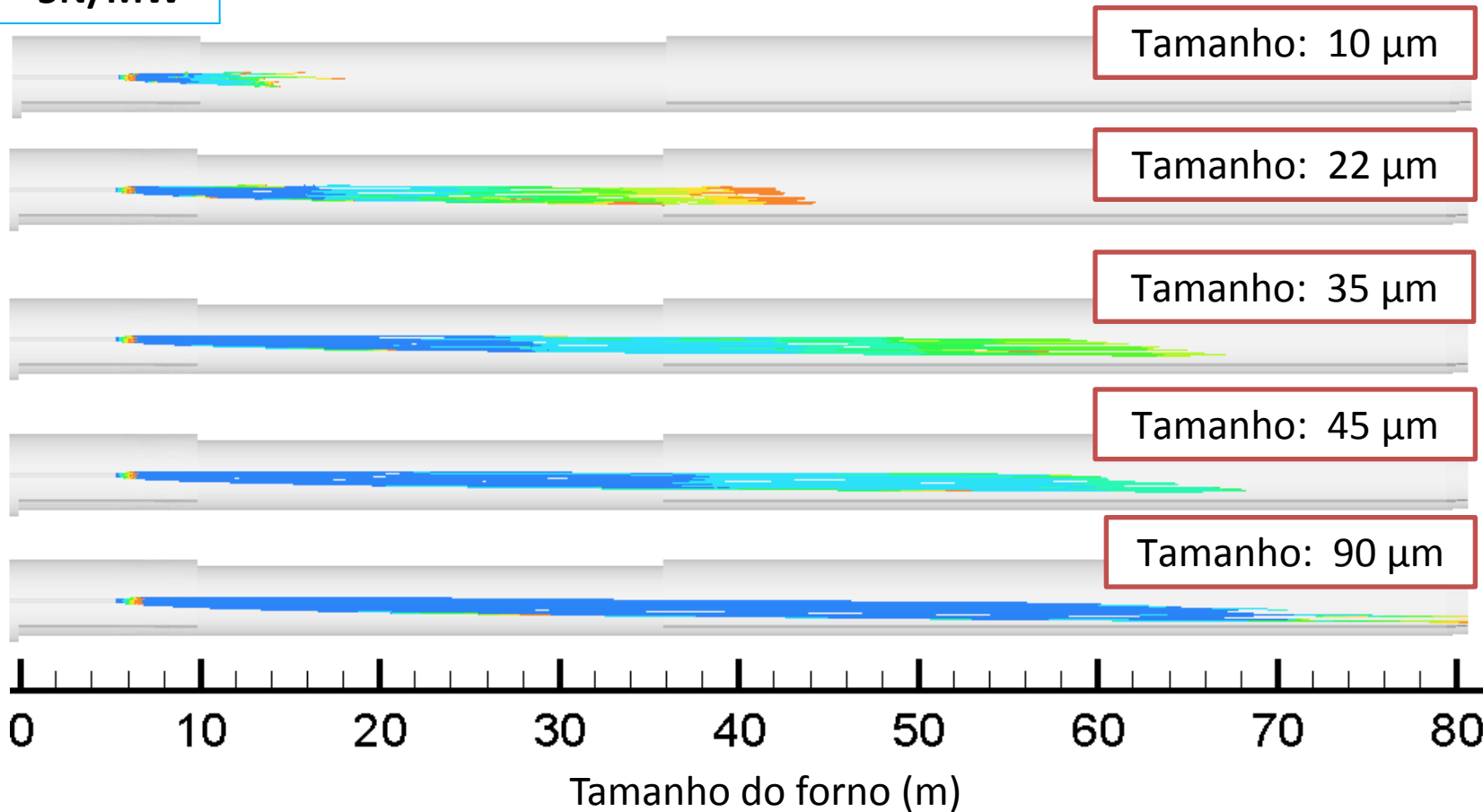
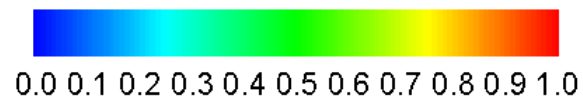
M = 15 N/MW



Trajetória das partículas e burnout

$M = 5N/MW$

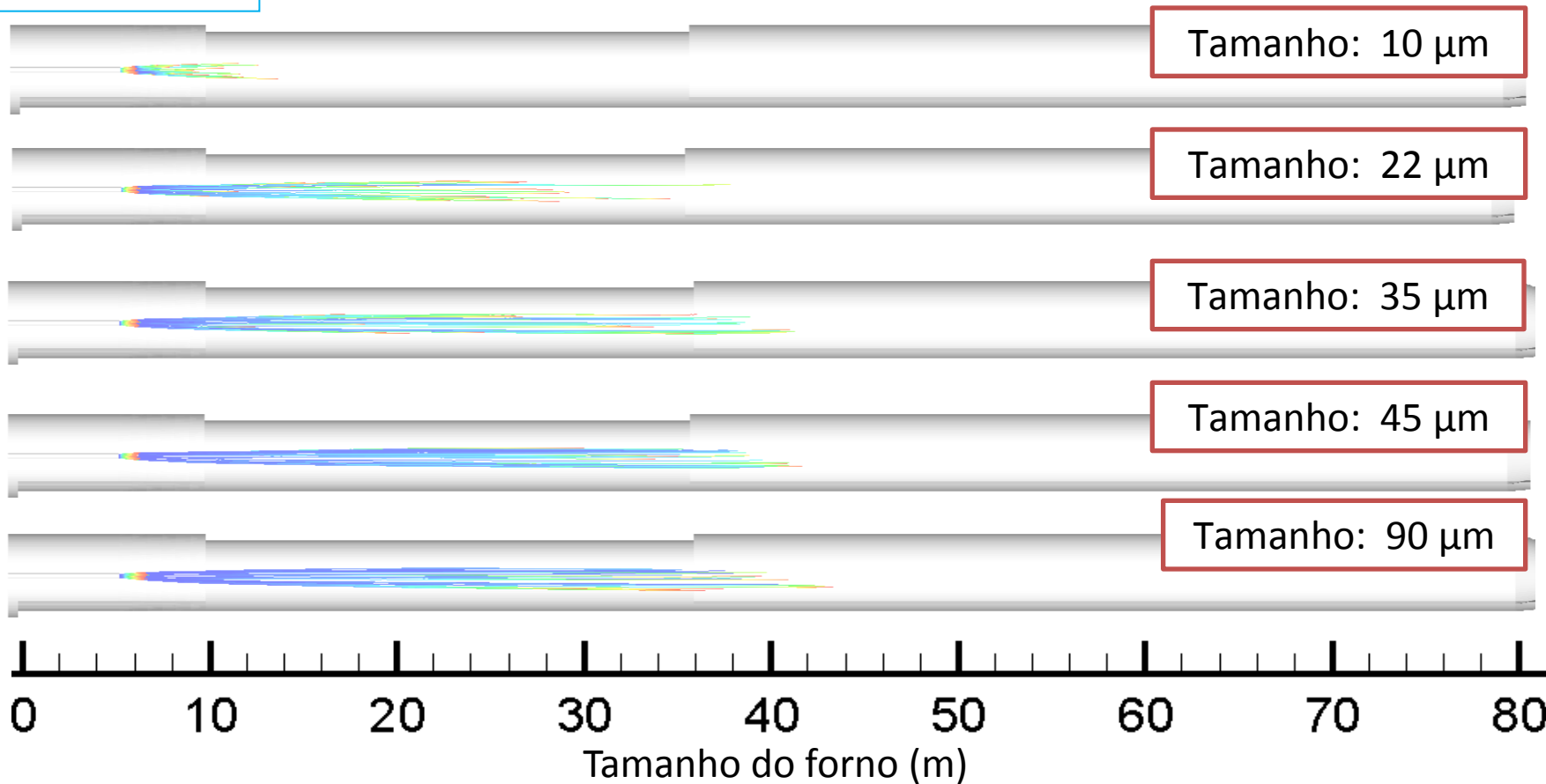
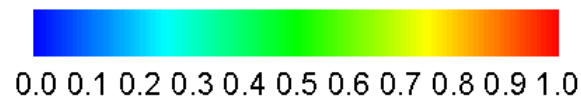
Rendimento da combustão



Trajetória das partículas e burnout

$M = 15N/MW$

Rendimento da combustão

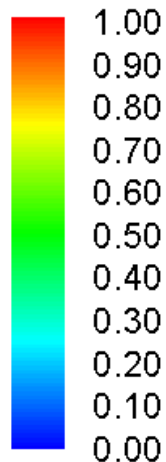
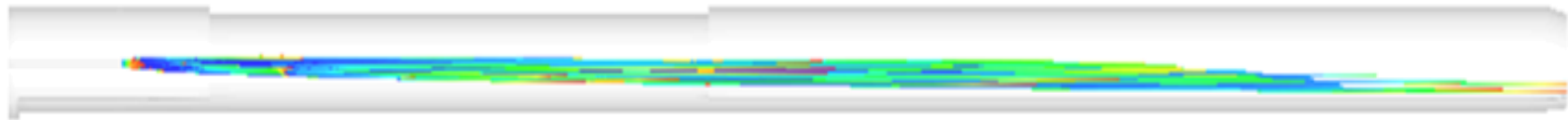


- Trajetória das partículas e burnout

M = 5 N/MW

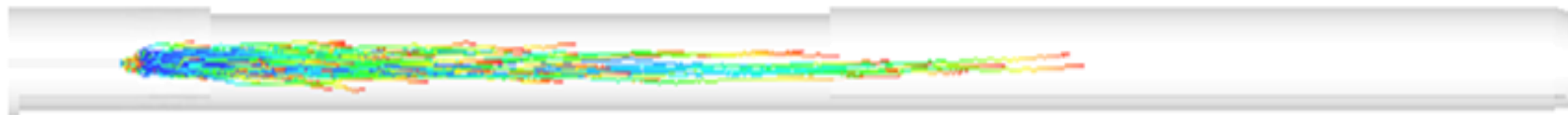
Média do rendimento
de combustão: 89%

Rendimento
da combustão



M = 15 N/MW

Média do rendimento
de combustão: 100%



- **A modelagem MICFD é capaz de elucidar o comportamento de um forno rotativo de cimento**
- **Momento de chama mais alto (15 N/MW)**
 - Queima completa
 - Temperaturas mais elevadas e concentradas na zona de queima
- **Momento de chama mais baixo (5 N/MW)**
 - Queima incompleta – pode aumentar emissões de CO e formação de anéis e colagens no forno
 - Região com altas temperaturas além da zona de colagem estável, deslocada do eixo central do forno
 - Pode comprometer a vida útil do refratário e causar instabilidades na zona de colagem estável

OBRIGADA!