

Modelagem computacional em multiescala do processo de redução do minério de ferro

Patrícia Metolina
André Luiz Nunis da Silva
Anthony G. Dixon
Roberto Guardani

*Palestra WORKSHOP DE MODELAGEM E SIMULAÇÃO
COMPUTACIONAL NO IPT: INOVAÇÃO E SUSTENTABILIDADE, 1.,
2023, São Paulo., 1 slide*

A série "Comunicação Técnica" compreende trabalhos elaborados por técnicos do IPT, apresentados em eventos, publicados em revistas especializadas ou quando seu conteúdo apresentar relevância pública. **PROIBIDO REPRODUÇÃO**

Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo
S/A - IPT
Av. Prof. Almeida Prado, 532 | Cidade Universitária ou
Caixa Postal 0141 | CEP 01064-970
São Paulo | SP | Brasil | CEP 05508-901
Tel 11 3767 4374/4000 | Fax 11 3767-4099

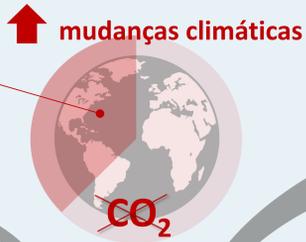
www.ipt.br

INTRODUÇÃO

Siderúrgicas são responsáveis por 1/3 das emissões industriais globais de CO₂ [1]

Redução direta do minério de ferro

- ✓ Substituição por H₂ verde via electrólise.
- ✓ Custo de investimento **baixo**, alto TRL [2].
- ✓ **Menores modificações** em processos existentes [2].



Reação gás-sólidas não-catalíticas

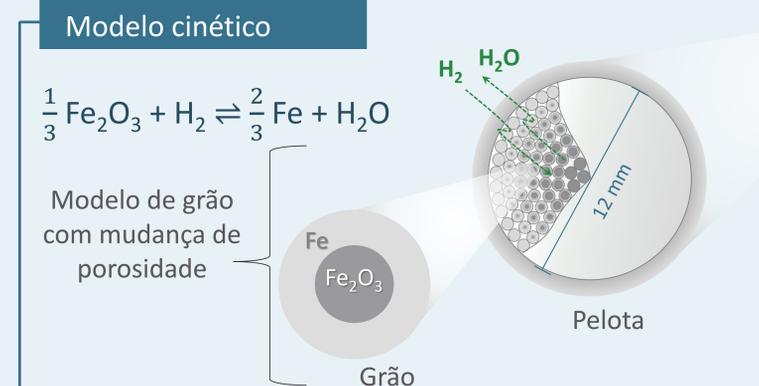
- ✓ **Complexas:** mudanças estruturais do sólido durante as reações [3].
- ✓ **Equacionamento e Fenômenos de transporte na literatura:** reatores de leito móvel são menos investigados do que reatores de leito fixo [4].

OBJETIVOS

- ✓ Desenvolvimento de um modelo em multiescala.
- ✓ Analisar como o efeito de mudanças microestruturais na escala da pelota afeta o processo na escala de reator

METODOLOGIA

- ✓ Escala da pelota: simetria 1D (dimensão extra)



- ✓ Balanço de massa para o gás
- ✓ Balanço de massa para o sólido

- ✓ Escala de reator: axissimetria 2D

- Equation de Ergun
- Balanço de massa para o gás
- Balanço de massa para o sólido
- Balanço de energia para o gás
- Balanço de energia para o sólido

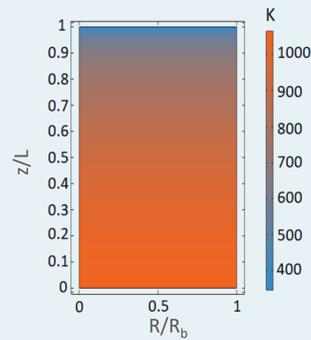
Método dos Elementos Finitos
Comsol Multiphysics

Velocidade do gás: 3395 mol/s
Tg = 800°C

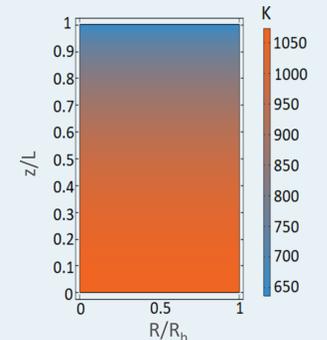
Produção de 110 t/h

RESULTADOS E DISCUSSÃO

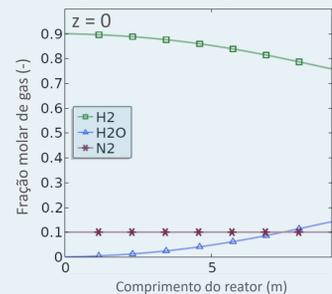
- ✓ Temperatura do sólido



- ✓ Temperatura do gás

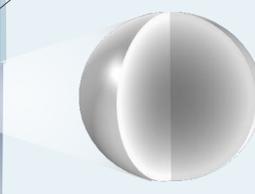


- ✓ Fração molar de gás no reator

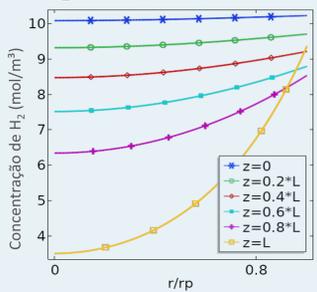


- ✓ Fração molar de Fe no reator

- ✓ Fração molar de Fe em 0.5xL



- ✓ H₂ ao longo da pelota



Análise de Sensibilidade

Conversão de Fe₂O₃ a Fe em L = 2 m

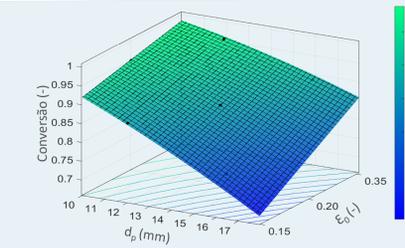


Diagrama de Pareto

E₀: porosidade inicial da pelota (-)
d_p: diâmetro da pelota (mm)



*nível de confiança de 95%

CONCLUSÃO

Os resultados possibilitam obter predições importantes em multiescala do processo de redução de H₂, revelando que os parâmetros estruturais da pelota afetam consideravelmente o desempenho na escala do reator.

Referências:

- [1] IPCC, 2014. AR5 Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change.
- [2] Conde, A., Rechberger, K., Spanlang, A., Wolfmeir, H., Harris, C., 2021. Decarbonization of the steel industry. A techno-economic analysis. *Matériaux & Techniques* 109, 305.
- [3] Froment, G.F., De Wilde J., Bischoff K.B, 2011. *Chemical reactor analysis and design*. 3rd ed. Hoboken, N.J.: Wiley.
- [4] Rahimi, A., Niksiar, A., 2013. A general model for moving-bed reactors with multiple chemical reactions part I: Model formulation. *Int. J. Miner. Process* 124, 58–66