

ESTUDO PARA AUMENTO DE ENRIQUECIMENTO DE OXIGÊNIO EM PROCESSOS SIDERÚRGICOS*

Pablo Pacheco da Gama¹
Anderson da Silva Gomes²
Pedro Athias Zagury³
Tiago Ribeiro Costa⁴

Resumo

O trabalho em questão visa demonstrar os recursos que podemos disponibilizar para auxiliar nossos parceiros em estudos para utilização ou aumento do volume de oxigênio empregado nos processos siderúrgicos, através de simulações computacionais que avaliam parâmetros de velocidade e concentração do oxigênio ao longo de trechos críticos de tubulação, de forma a garantir a segurança na operação, produtividade e redução de custos operacionais.

Palavras-chave: Oxigênio; Produtividade; Segurança; Processo.

STUDY FORENHANCEMENT OF OXYGEN ENRICHMENT IN STEEL PROCESS

Abstract

The work referred aims to demonstrating the resources we can provide to assist our partners in studies to use or increase the volume of oxygen used in steelmaking processes, through computational simulations that evaluate parameters of oxygen velocity and concentration along critical stretches of piping, ensuring operational safety, productivity and costs reduction.

Keywords: Oxygen; Productivity; Safety; Process

¹ Técnico e Engenheiro Mecânico, Engenheiro de Aplicações e Processos, Clientes On Site, White Martins Gases Industriais Ltda, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Engenheiro Metalúrgico, Gerente de Aplicações e Processos, Clientes On Site, White Martins Gases Industriais Ltda, Belo Horizonte, MG, Brasil.

³ Engenheiro Metalúrgico, Gerente de Tecnologias e Aplicações, Clientes On Site, White Martins Gases Industriais Ltda, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

⁴ Técnico e Engenheiro Mecânico, Gerente de Aplicações e Processos, Clientes On Site, White Martins Gases Industriais Ltda, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

⁵

1 INTRODUÇÃO

Ainda existem muitos mitos e dúvidas sobre a utilização de oxigênio em determinados processos siderúrgicos, bem como os limites de injeção recomendados para operação segura. Através das simulações CFD¹, é possível avaliar para cada caso, quais os limites em relação à velocidade e concentração, que aliado a fatores como materiais de construção das redes e condição de limpeza, determina o valor limite de oxigênio a ser injetado, garantindo a operação com segurança dentro dos parâmetros requeridos.

O enriquecimento do ar com oxigênio pode ser aplicado em diversas áreas do processo siderúrgico, com diferentes objetivos, de acordo com a necessidade específica de cada usina. Abaixo temos alguns exemplos:

- Fornos de reaquescimento - economia de combustível ou aumento de produtividade/
- Altos fornos - aumentar a taxa de PCI;
- Fornos de fusão de metais - aumento de produtividade ou economia de combustível;
- Regeneradores - substituição de combustíveis, aumento de temperatura do ar de processo ou compensar perdas de vazão e eficiência em equipamentos antigos.

2 DESENVOLVIMENTO

Para elaboração do estudo, é necessário definir em conjunto, quais os cenários que se deseja avaliar, a fim de atender as necessidades do processo e equipamentos.

A Tabela 1 (abaixo), exibe um exemplo de cenário em que são definidas as condições para o fluxo atual e 4 etapas futuras para avaliação da solubilização de oxigênio. Para cada etapa é gerado um novo modelo atualizando as informações de processo, em que são avaliadas as condições de velocidade e concentração, gerando como resultado a viabilidade do cenário, do ponto de vista de segurança operacional.

	Blast Furnaces	Blast Air Flow (Nm ³ /min)	Blast Air Flow (Nm ³ /h)	%O ₂ in Blast Air	Pure O ₂ Flow (Nm ³ /h)	Pure O ₂ Flow (TPD)	Total Enrichment	Enrichment at Combustion Air	Enrichment at Sparger
Current Flow	Blast Furnace I	5.000	300.000	26,4%	21.127	724	5,5%	3,5%	2,0%
Etapa 1	Blast Furnace I	5.000	300.000	27,4%	24.968	856	6,5%	3,5%	3,0%
Etapa 2	Blast Furnace I	5.000	300.000	28,4%	28.809	988	7,5%	3,5%	4,0%
Etapa 3	Blast Furnace I	5.000	300.000	29,9%	34.571	1.185	9,0%	3,5%	5,5%
Etapa 4	Blast Furnace I	5.000	300.000	27,9%	26.889	922	7,0%	0,0%	7,0%

Tabela 1. Exemplo de cenário para avaliação de aumento de enriquecimento de oxigênio

Em seguida é realizado levantamento de dados dos equipamentos existentes no sistema, tais como folhas de dados, desenhos de componentes e tubulação e ponto(s) de injeção de oxigênio existente. Esta etapa é fundamental para que o modelamento virtual tenha o máximo de precisão possível em relação às condições reais da instalação e operação.

Após o levantamento de dados, é definido o trecho considerado crítico para que a solubilização ocorra. Este trecho será modelado no CFD e junto com as condições de processo, irá gerar os resultados para cada passo definido, para análise.

Na figura 1 é possível observar um exemplo de trecho crítico definido, bem como detalhes da flauta para injeção de oxigênio (sparger).

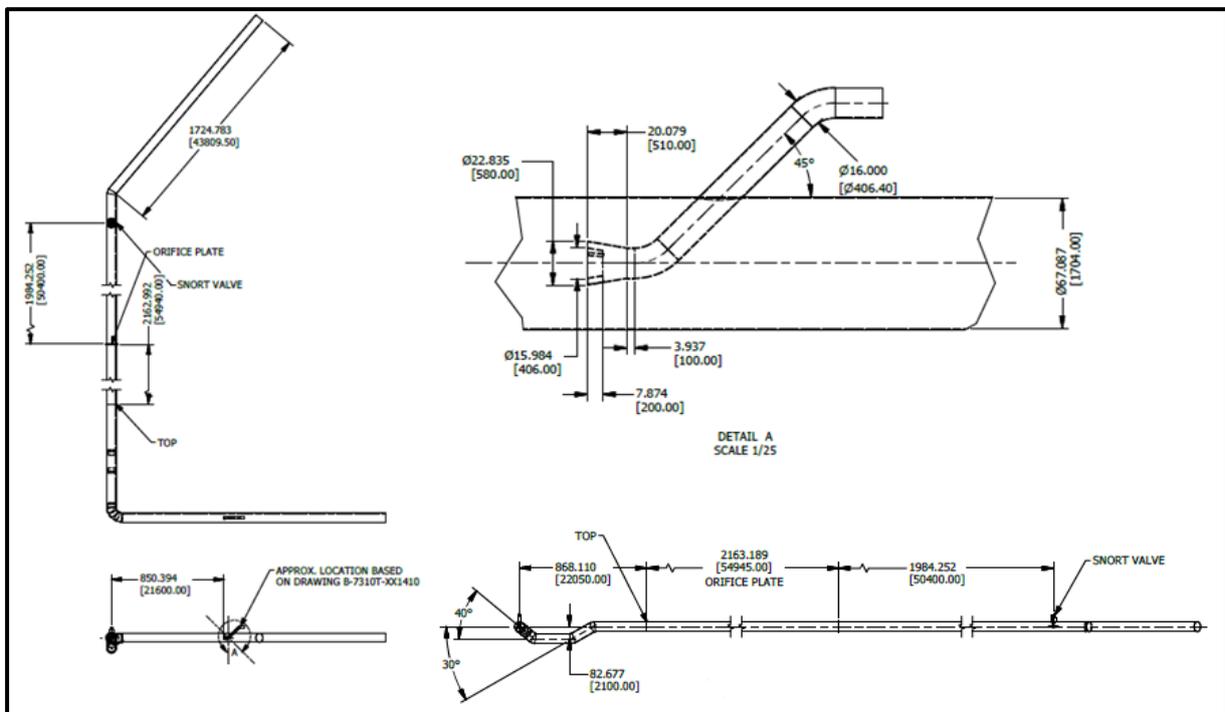


Figura 1. Exemplo de desenho de tubulação e detalhes do trecho analisado

3 CRITÉRIOS DE ACEITAÇÃO

Para cada etapa, são avaliados os critérios conforme tabela 2, abaixo:

Critérios para aprovação do cenário	
Parâmetro	Valor
Velocidade admissível em trechos retos (V_{tr})	< 60 m/s
Velocidade admissível em curvas e pontos de impacto (V_i)	< 30 m/s
Concentração admissível (C)	< 40%

Tabela 2. Critérios para aprovação

Para ser considerada aprovada, a etapa avaliada deve estar com os parâmetros enquadrados dentro das definições estabelecidas na tabela acima.

4 NORMAS DE REFERÊNCIA

A literatura utilizada como base para definição dos critérios de elaboração e análise do estudo são normas internas White Martins/ Praxair e algumas normas externas, listadas abaixo:

White Martins / Praxair:

- EN-6 - Maximum Allowable Velocities of Gaseous Oxygen in Piping and Piping Components
- GS-38 - Praxair Class 2 (Oxygen) Cleaning
- WM-PR-00029 – Limpeza para serviço com oxigênio

Normas Externas

- CGA 4.4 - Industrial Practices for Gaseous Oxygen Transmission and Distribution Piping Systems
- ASTM G-88 - Standard Guide for Designing Systems for Oxygen Service
- NFPA 53 - Guide on Fire Hazards in Oxygen Enriched Atmospheres

5 RESULTADOS

Como resultado da simulação, são exibidos no modelo computacional os dados de concentração e velocidade para cada seção da tubulação. Estes dados são identificados através de preenchimento sólido das cores para o caso da concentração e isolinhas coloridas no caso da velocidade. Na legenda de cores, o azul indica menor concentração e velocidade, já a cor vermelha indica maior concentração e velocidade.

Analisando os dados para os elementos mais críticos e considerando toda a tubulação, é possível definir se o nível de enriquecimento é considerado seguro ou não. Caso não seja, é possível indicar ações para melhorar as condições de solubilização, tais como mudança de projeto da flauta/lança de oxigênio, injeção em mais de um ponto, entre outros.

A seguir, vamos demonstrar exemplos de etapas de aumento de enriquecimento em que o resultado obtido foi aprovado e outro em que foi reprovado.

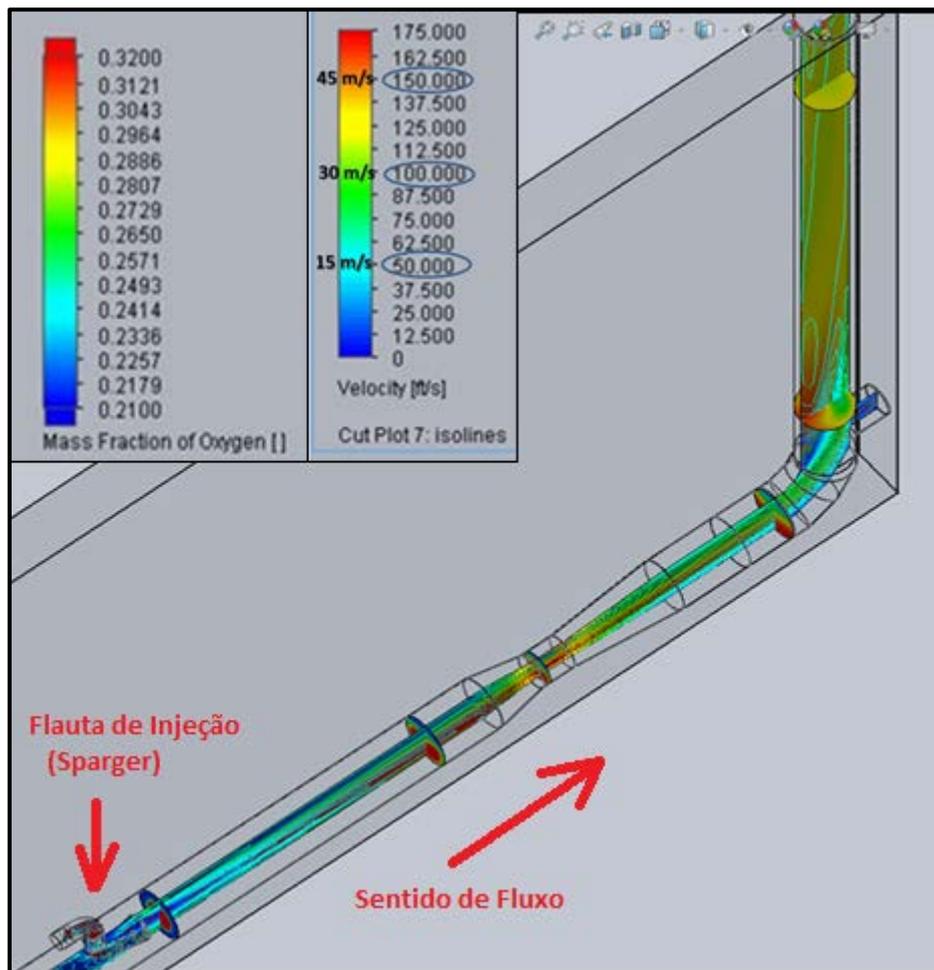


Figura 2.Exemplo de caso aprovado

No exemplo da Figura 2 acima é possível observar que o oxigênio se mistura muito lentamente ao ar, devido à velocidade muito baixa na saída do sparger (flauta de injeção). O fluxo de oxigênio inicialmente se concentra no centro do duto, o até a entrada do Venturi, em que ocorre um aumento de velocidade e concentração de oxigênio pontuais, mas ainda dentro dos limites estabelecidos. Ao longo de todo o duto a velocidade do oxigênio é bem baixa (abaixo de 23 m/s). Podemos ver que a mistura é muito mais completa logo após a curva. Na etapa demonstrada, tanto a velocidade quanto a concentração de oxigênio estão dentro dos limites aceitáveis, portanto a operação é segura.

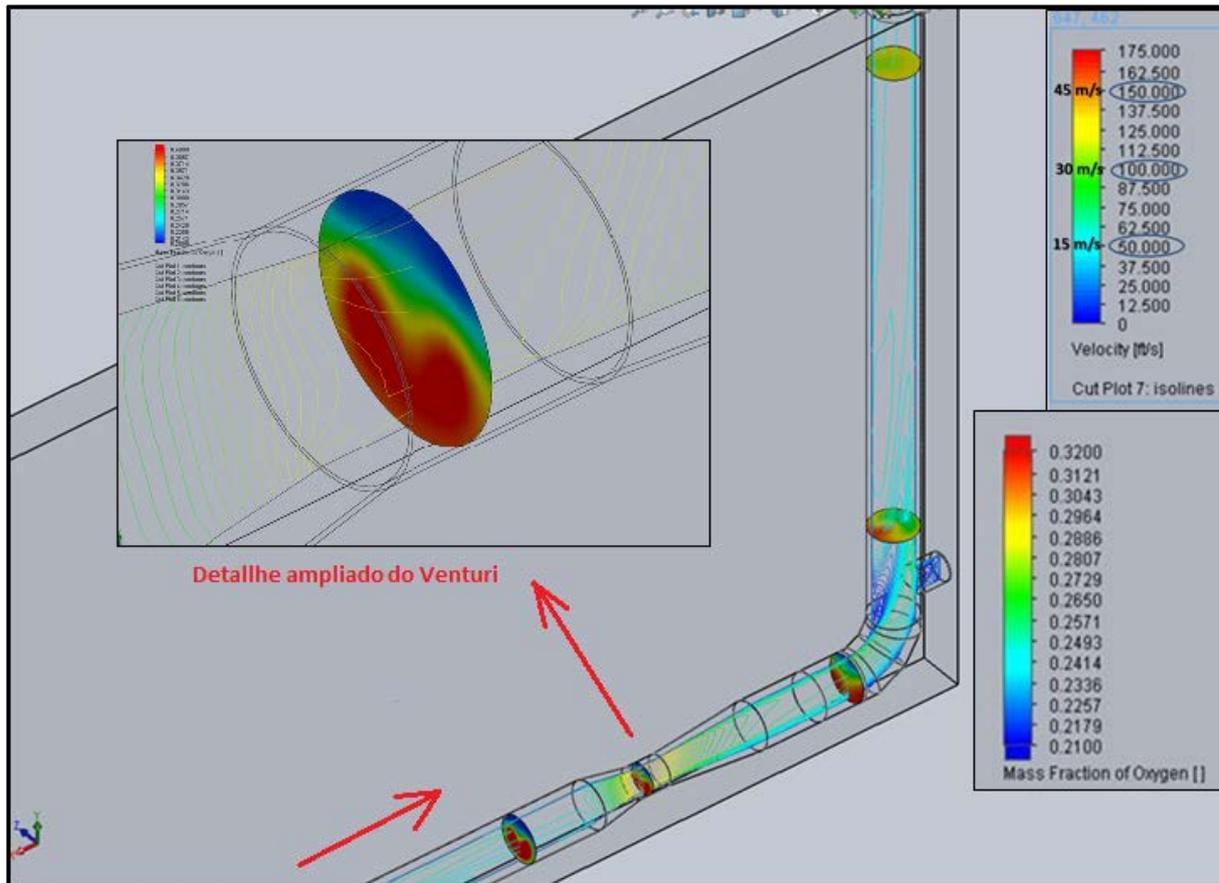


Figura 3. Exemplo de caso reprovado

Para etapa exibida na figura 3 acima, novamente o oxigênio se mistura muito lentamente devido à velocidade muito baixa na saída do sparger. É possível observar também que parte do fluxo de oxigênio se concentra na parede da tubulação de ar, o que não é recomendado, tendo em vista que a tubulação não é limpa para uso com oxigênio.

No detalhe ampliado do Venturi, é possível observar que a concentração de oxigênio se encontra em 40% e a velocidade 46 m/s. Não recomendamos esta faixa de enriquecimento, sem substituir a flauta de injeção de oxigênio (sparger), para que este opere a uma pressão mais alta, melhorando assim a diluição do oxigênio antes de entrar no Venturi.

6 CONCLUSÃO

A discussão abordada no presente trabalho tem como principal objetivo, demonstrar os recursos que podemos empregar para avaliar junto aos nossos parceiros a viabilidade para aumento de enriquecimento de oxigênio em processos siderúrgicos, obtendo como resultados os limites de enriquecimento aplicáveis para cada caso específico, levando em conta os equipamentos existentes e dados de processo reais. É possível também avaliar as modificações de equipamentos e processos necessárias para melhoria da solubilização do oxigênio, permitindo que um nível maior de enriquecimento seja atingido, com segurança operacional, permitindo ganhos em produtividade e/ou redução de custos de produção.

REFERÊNCIAS

- 1 Materials in Oxygen-Enriched Atmospheres: Fifth Volume, ASTM STP 1111, Joel M. Stoltzfus and Kenneth McIlroy, Eds., American Society for Testing and Materials, Philadelphia
- 2 Beeson, H. D., Stewart, W. F. and Woods, S. S., "Safe Use of Oxygen and Oxygen Systems," ASTM Manual Series MNL36, American Society of Testing and Materials, West Conshohocken, PA, 2000
- 3