

LANÇA DE OXIGÊNIO – MULTIPLAS FUNÇÕES DURANTE O TAP TO TAP *

Breno T. Maia¹,
William Reis Lima²
Fabrício Silveira Garajau³
Marcelo de Souza Lima Guerra⁴
Eric Almeida⁵
Wagner Assunção⁶
Daniel A. G. de Carvalho⁷
Paulo Roberto das Neves⁸

Abstract

A lança de oxigênio é bem conhecida pelo seu fundamental trabalho no refino primário dos aços, mas, porém, antes e após o sopro, essa lança ao longo dos anos passou a executar outras atividades de relevância para a produtividade das aciarias, as quais: controle da sola do convertedor, *slagsplasing*, limpeza de boca. O presente trabalho apresenta e discute essas novas funções da lança de sopro.

Keywords: Refino primário, Cartucho, Sopro, Slagsplashing, Limpeza de boca, Burn Bottom.

- ¹ Sócio da ABM; Engenheiro Metalurgista e Doutor Pesquisador da LUMAR METALS, Belo Horizonte, MG, Brasil.
- ² Sócio da ABM, Engenheiro Mecânico e Analista da Lumar Metals, Universidade Católica do Leste de Minas Gerais (Unileste). Coronel Fabriciano, Minas Gerais, Brasil.
- ³ Engenheiro Msc. Mecânico Pesquisador da Lumar Metals. Santana do Paraíso, Brasil.
- ⁴ Engenheiro Msc. Mecânico Pesquisador da Lumar Metals Santana do Paraíso, Brasil.
- ⁵ Eng. Metalurgista da Gerdau Ouro Branco, Ouro Branco, MG, Brasil;
- ⁶ Eng. Metalurgista da Gerdau Ouro Branco, Ouro Branco, MG, Brasil;
- ⁷ Sócio da ABM, Engenheiro Metalurgista da TERNIUM BRASIL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil;
- ⁸ Técnico Metalurgia da TERNIUM BRASIL, Rio de Janeiro, RJ, Brasil;..

1 INTRODUÇÃO

A principal função da lança de oxigênio no refino do aço em convertedores, é o fornecimento de oxigênio para eliminação de impurezas contidas na carga metálica, e não relegando a um segundo plano, a redução do tempo de processamento de fabricação do aço, durante a etapa de sopro. Traduzindo de forma mais científica, a energia cinética do jato de oxigênio é transferida para o banho metálico criando turbulência requerida para induzir as reações de refino ^[1]. A Figura 1 mostra a lança no momento de sopro.

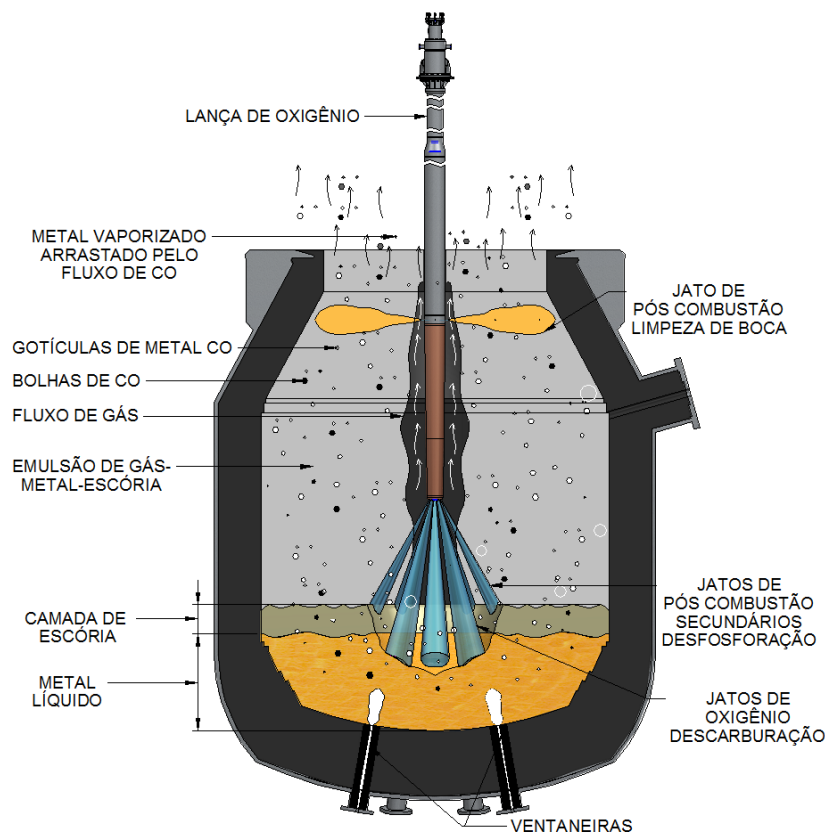


Figura 1 Representação de um sopro e eventos.

Entretanto apesar da função primordial e indispensável da lança em refinar corridas durante o sopro, ao longo dos anos, desenvolvimentos permitiram o aumento de vida desse equipamento e incorporaram outras funções as lanças de sopro em eventos fora do tempo de sopro e estudos mostram a relação da geometria do convertedor e posicionamento ^[2-6] da lança sobre eventos antes e após o sopro. A proposta desse artigo é realizar uma apresentação dessas funções com objetivo de alertar aos aciaristas dos múltiplos usos de uma ferramenta já instalada nos convertedores BOF.

2 MATERIALS AND METHODS

A metodologia consistiu na coleta dos dados de um convertedor como referência assim como nos desenhos do convertedor propriamente dita e lança ^[7].

Os equipamentos foram desenhos respeitando as corretas dimensões então realizadas desenhos para análises geométricas e metalúrgicas dos potenciais

fenômenos que podem ocorrer em processo e suas consequências. Para o estudo serão utilizados 3 (três) convertedores com base de comparação conforme descrição na Tabela I.

Tabela 1 Dados comparativos dos convertedores

Descrição	Conversor B	Conversor C
Capacidade Nominal (t)	220	330
Vazão de sopro (Nm ³ /h)	38.000	51.000
Ventaneiras (#)	6	12
Volume específico (m ³ /t)	0,84	1,01
Esbelteza (H/D)	0,94	1,41
Nível Estático pela Altura (Lo/H)	0,285	0,184
Ângulo Vertical dos Bocais (graus)	14	17

Na Tabela I, os convertedores em comparação apresentam consideráveis diferenças. O conversor B apresenta menor disponibilidade de volume específico quando comparado ao conversor C, enquanto o conversor C lidera a relação de volume específico quando comparado com o conversor B.

O volume específico é uma relação entre volume útil do com a carga suportada pelo conversor (sua capacidade). Atingindo valores iguais a 1 (m³/t) ou superiores é recomendado, pois assim são reduzidos os índices de perdas metálicas através de projeções de metal-escória para fora do conversor durante a corrida.

A esbelteza ou razão entre a altura e diâmetro também mostra que os reatores são bem distintos, sendo o conversor B considerados convertedores “baixo” ao passo que o conversor C no oposto, considerado “alto”. Essa classificação fica melhor evidenciada quando compara-se o nível de banho estático com relação a altura total dos convertedores pela relação Lo/H.

A Figura 02 abaixo representa os convertedores estudados, assim como suas respectivas comparações entre os volumes específicos, Lo/H e H/D (Relação de esbelteza).

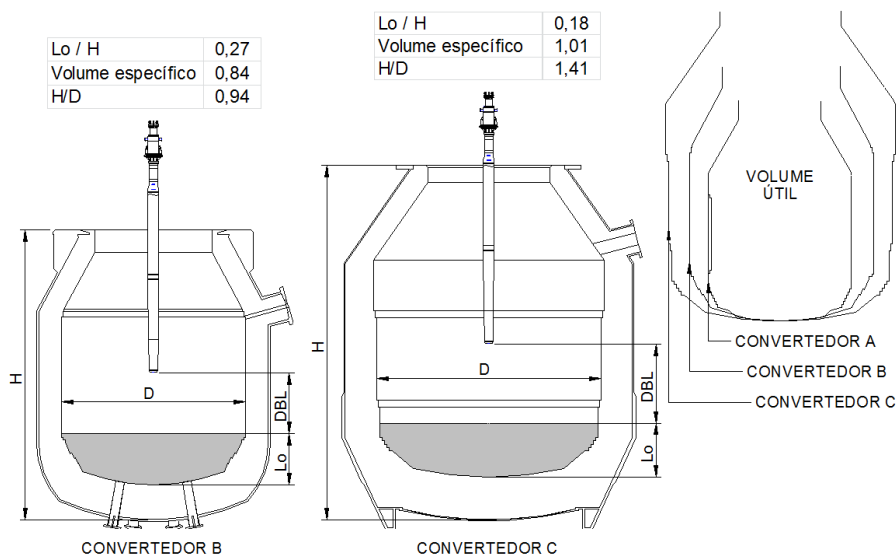


Figura 2 – Relação geométrica dos convertedores.

3 RESULTS AND DISCUSSION

3.1 POSIÇÃO DA LANÇA PARA IGNIÇÃO E INFLUÊNCIA DA SUCATA

Existe atualmente a prática comum nos convertedores de apenas iniciar a adição de fundentes após a confirmação da ignição. O evento ignição é caracterizado pelo aumento da intensidade das chamas, desta forma significa que efetivamente o oxigênio reagiu com os elementos do banho em especial o carbono.

A altura de lança nesse estágio é mantida alta em muitos convertedores com o claro objetivo de evitar proximidade com a sucata e assim evitar efeitos indesejáveis na face da lança, tais efeitos são apresentados como:

- Colisões com sucatas altas;
- Rebotes de oxigênio.

A Figura 3 apresenta um exemplo de dano na face do bico de lança decorrente de rebote de oxigênio.



Figura 3 - Representação de bicos utilizados nos convertedores abordados que sofreram desgastes por rebote.

Com isso, atentando-se aos efeitos indesejados a prática adotada no início de sopro onde baixar a lança para acelerar o início de ignição não é forma usual. Entretanto a questão permanece, qual a altura de lança é recomendada para o momento da ignição?

Buscando responder a tal questionamento, foi desenvolvido um estudo de posicionamento de lanças em convertedores onde foi avaliada principalmente a distância do bico da lança até a sucata sólida. O estudo foi realizado considerando as premissas apresentadas na Tabela 02 abaixo.

Tabela 2 Premissas adotadas

Descrição	Capacidade (t)	Sucata carregada no convertedor (%)	DBL / Nível do banho	Rendimento mínimo	Densidade Sucata (t/m ³)	Densidade Gusa líquido (t/m ³)
Convertedor B	220	20	0,87	0.9	1,5	6,9
Convertedor C	330	25	1,78	0.9	1,5	6,9

Considerando que a sucata fique 50% submersa no banho de gusa líquido a distância entre a sucata sobrenadante e a lança passa a ser conforme respectivos índices representados na Figura 04:

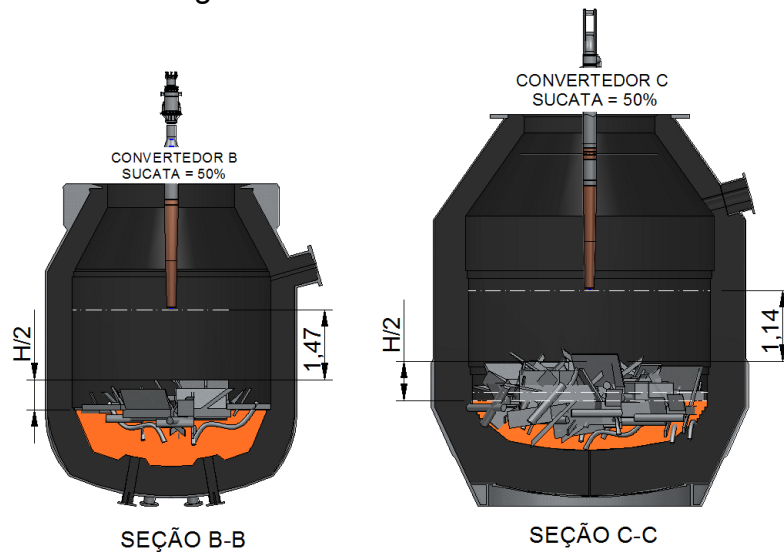


Figura 4 - Altura de Lança para ignição e volume com 50% de sucata submersa ao banho.

Considerando que a sucata fique 100% submersa no banho de gusa líquido a distância entre a sucata sobrenadante e a lança passa a ser conforme respectivos índices representados na Figura 05:

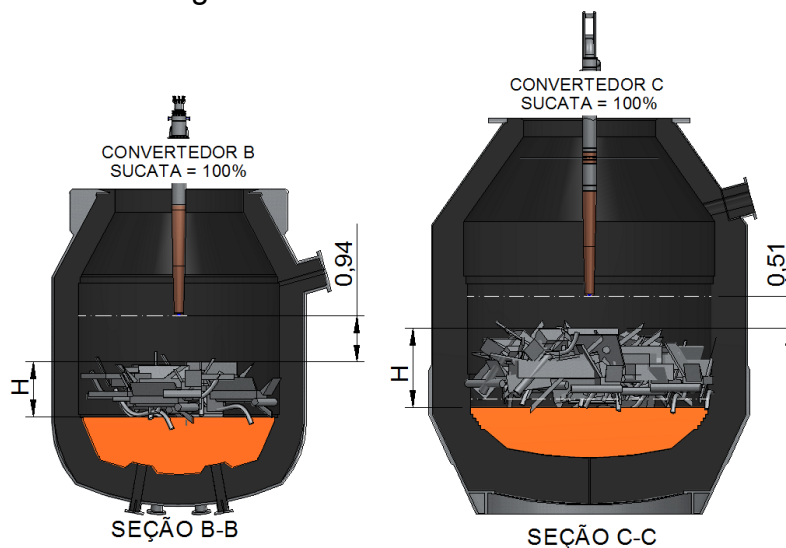


Figura 5 - Altura de Lança para ignição e volume com 100% de sucata sobrenadante ao banho.

A Tabela 03 abaixo apresenta as relações apresentadas de forma simplificada através de índices. De forma genérica, na medida em que os índices diminuem, significa que a lança está mais próxima da sucata.

Tabela 3 Altura Lança x Sucata

Descrição	Condição sem sucata (Índice)	Referência Figura 04		Referência Figura 05	
		Sucata Submersa (%)	Altura Sucata a Lança (Índice)	Sucata Submersa (%)	Altura Sucata a Lança (Índice)
Convertedor B	2	50	1,47	100	0,94
Convertedor C	1,78	50	1,14	100	0,51

Desta forma, especula-se que com aumento do volume de sucata associado sua densidade aparente e forma podem ser responsáveis por danos prematuros aos bicos de lança.

De forma a exemplificar a acomodação da sucata nos convertedores após carregamento de sucata, é apresentada na Figura 6 abaixo uma real situação desta atividade.



Figura 6 - Acomodação da sucata após carregamento.

3.2 POSIÇÃO DE MONTAGEM DO BICO DE LANÇA - CUIDADOS

Prática comum entre os convertedores é a montagem dos bicos de lança em posição alternada entre as posições de sopro com o objetivo de manter a uniformidade do desgaste refratário ao longo da campanha. Entretanto não é prática comum com o crescente uso de convertedores com sopro submerso verificar a interferência ente jato de oxigênio da Lança com relação aos elementos de borbulhamento no fundo do convertedor (ventaneiras) durante as principais alturas de lança durante o sopro: formação de escória e descarburização.

A Tabela 04 e Figura 07 apresenta um comparativo entre os convertedores B e C para a distância da lança ao banho (DBL em forma de índice) nas posições de formação de escória e descarburização.

Nesta etapa não foi considerado o convertedor A, devido o mesmo não possuir ventaneiras de sopro submerso.

Tabela 4 Posições de sopro

Descrição	DBL Formação de escória (Índice)	DBL Descarburação (Índice)	Configuração Ventaneiras	Número de Ventaneiras
Convertedor B	2	1,06	Tipo ferradura	6
Convertedor C	1,78	1,18	Tipo Raio Interno e externo	12

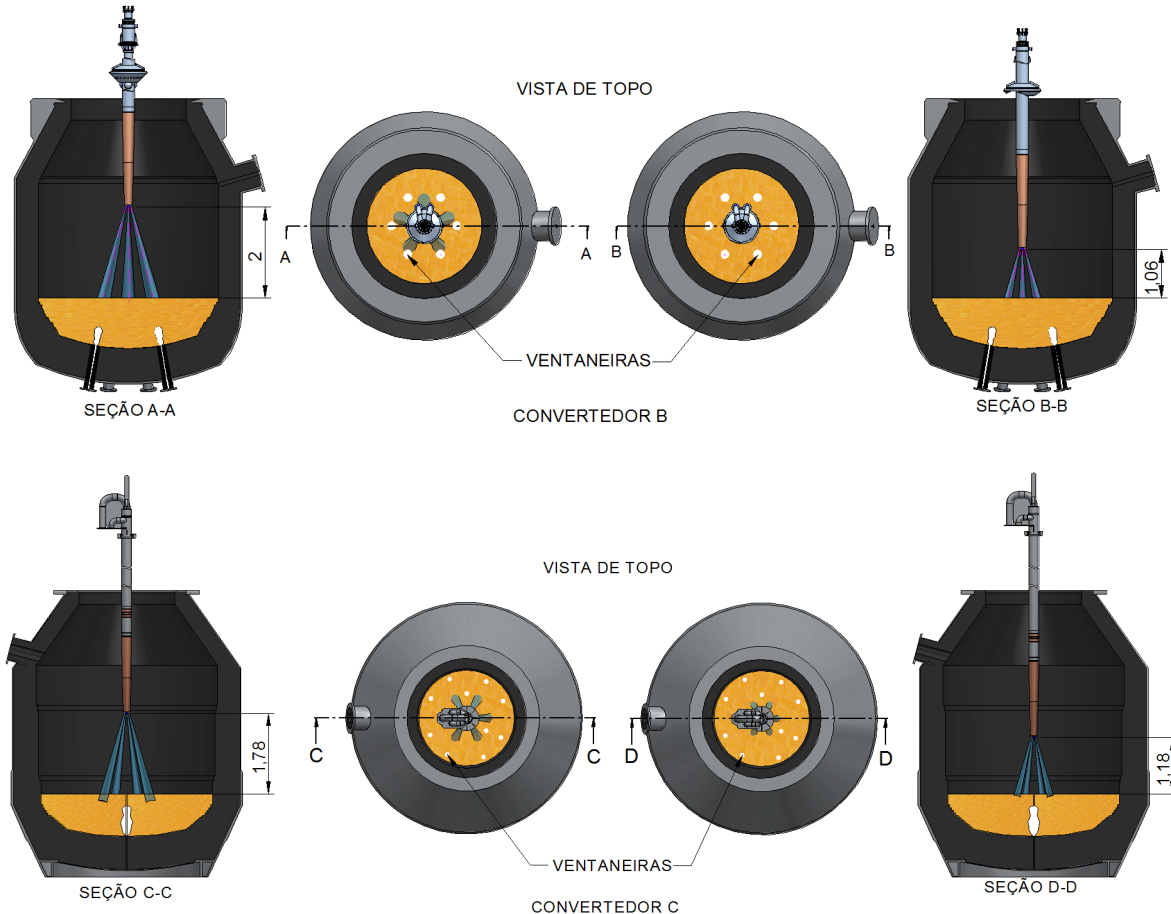
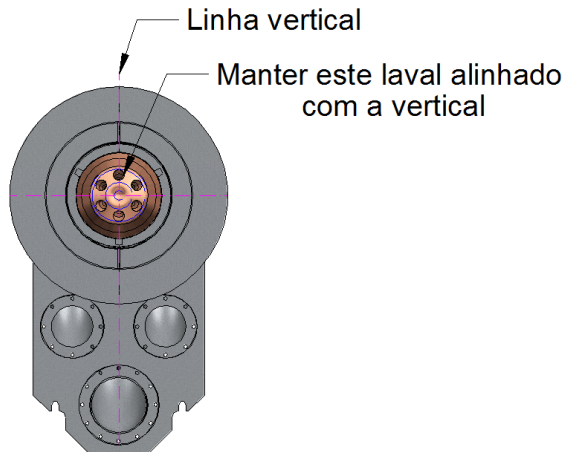


Figura 7 - Influência da lança sobre posicionamento das ventaneiras.

Na Figura 06 são apresentados em vista lateral e de topo para os convertedores B e C os respectivos DBL's utilizados no patamar de formação de escória e descarburação. Nas imagens é possível notar a representação do jato bem como a das ventaneiras. No convertedor B nota-se que a projeção do jato sobre a superfície do banho está inscrito no raio das ventaneiras. Essa configuração, independente da forma de montagem do bico na lança, não existe nenhuma configuração cujo um jato potencialmente possa colidir com uma pluma de ventaneira.

Já no convertedor C, decorrente do número e distribuição das ventaneiras, é possível notar que na imagem existe um cuidado de montagem para evitar a colisão entre o jato de oxigênio e jato da ventaneira submersa. Esse cuidado em geral está referenciado entre a posição de montagem do bico e o cabeçote da lança conforme representado na Figura 08.



a) Condição de alinhamento indicada no projeto

b) Alinhamento realizado na prática

Figura 8 – Exemplo de montagem do bico em relação ao cabeçote da lança.

Outro cuidado a ser tomado com relação montagem do bico de lança em relação ao cabeçote superior é com a posição da Sub-Lança conforme apresentado na Figura 9.

Na figura 09 é possível notar que na posição de montagem proposta, a Sub-Lança tem projeção para penetração no banho localizada entre dois jatos, potencialmente, contribuindo para efetividade da amostra. Contudo, é prática comum entres os convertedores à redução da vazão de sopro durante as tomadas de amostra por Sub-Lança. De forma semelhante, a qualidade da análise da Sub-Lança pode ser comprometida caso esteja sobre uma ventaneira. No entanto, durante a descida da Sub-Lança para retirada de amostras, é comum manter estabilizada a vazão de ventaneira ou ate mesmo aumentá-la, com objetivo de acelerar a segregação aço e escória e assim efetividade da amostragem.

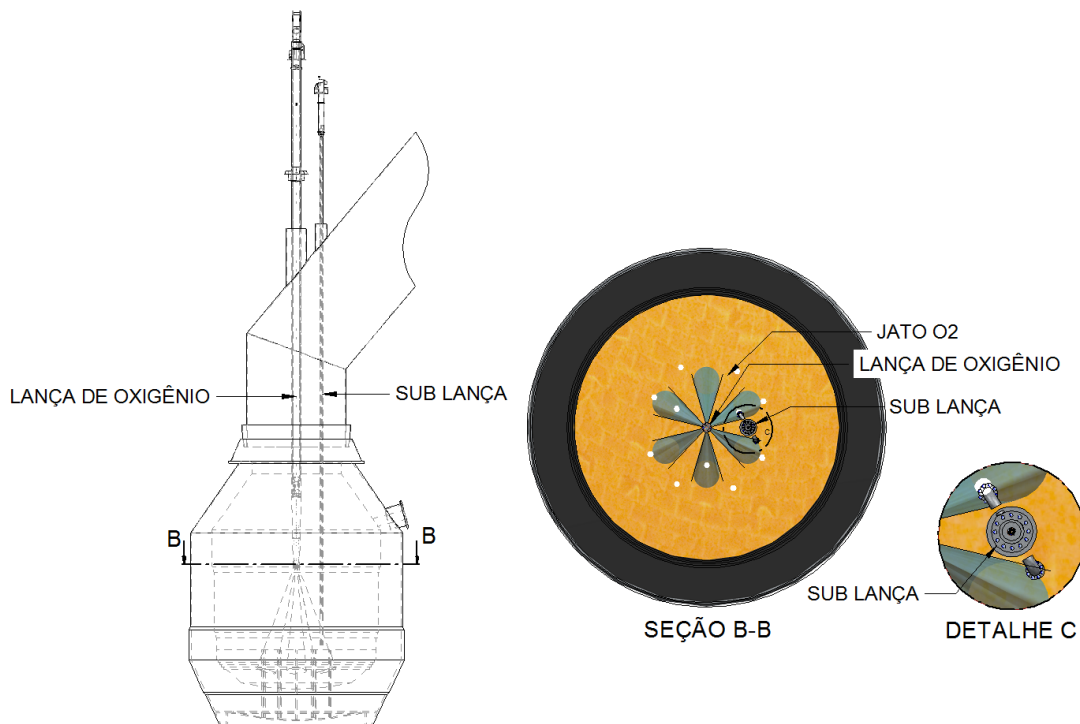


Figura 9 - Exemplo de montagem do bico em relação a posição da Sub-Lança.

3.3 LANÇA COMO FERRAMENTA DE MANUTENÇÃO DA CONDIÇÃO DA BOCA DO CONVERTEDOR

No decorrer dos sopros, em função da emulsificação do banho e nos casos extremos projeções de materiais incandescentes líquidos e sólidos de metal e escória, “*slopping*”, a boca do convertedor gradativamente vai reduzindo o diâmetro inicial conforme ilustrado pela Figura 10.

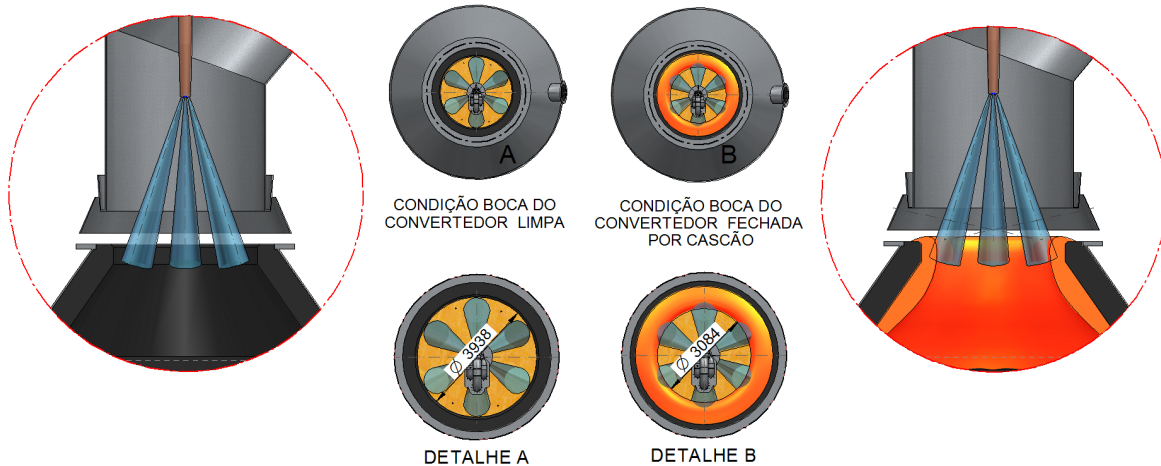


Figura 10 - Exemplo de montagem do bico em relação à posição da Sub-Lança.

A Figura 10 apresenta também, uma técnica de limpeza de boca utilizando a própria lança de sopro como agente de limpeza, porém em alturas acima condição normal de abertura da válvula de oxigênio. Essa prática apesar de apresentar ganhos, apresenta alguns aspectos negativos.

O primeiro deles associado com a qualidade final da limpeza da boca. A área de limpeza fica restrita as regiões que sofreu incidência do jato, e a boca apresenta o formato “pregueado”. A execução dessa prática exige um rígido controle da abertura da válvula de oxigênio, pois a abertura prematura pode causar danos no sistema de despoeiramento primário. Outra forma de dano ao despoeiramento primário potencialmente vem do rebote de oxigênio sobre o cascão de boca, da projeção de material fundido em alta temperatura sobre os dutos ou combinação das duas formas.

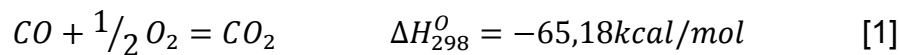
Outra forma de realizar a limpeza de boca é através de bico específico para essa finalidade, entretanto essa prática requer uma lança exclusiva e a disponibilidade de carro de lança assim como equipe de manutenção para realizar as devidas trocas caso na posição reserva esteja uma lança de sopro reserva. As duas práticas citadas acima requer dispêndio de tempo, em geral, após o vazamento de escória e antes do início de carregamento, com impacto negativo na produtividade diária do convertedor.

Com intuito de otimizar o tempo de processo foi desenvolvido, patentado e implementado um forma de limpar a boca convertedor durante a etapa de sopro através do uso saídas de oxigênio na região do cone do convertedor e reações de pós-combustão^[8,9] denominado de tecnologia Slagless Clean Up[®]. A Figura 11 representa o conceito da de tecnologia Slagless Clean Up[®].



Figura 11 - Conceito da de tecnologia Slagless Clean Up[®].

Apresentado na Figura 11, as saídas secundárias de oxigênio ou furos de pós-combustão tem ângulo de 90° com a vertical direcionada para a boca do convertedor. Os furos são dimensionados para que jato seja despachado do corpo da lança e a velocidade decaia a velocidades subsônicas antes do contato com o cone do convertedor, ocorrendo assim à reação de pós-combustão conforme apresentado na Equação 1:



Essa concepção de pós-combustão tem a finalidade específica de limpeza de boca do convertedor, pois é formada uma zona de pós-combustão e o resultado é uma limpeza uniforme da boca. Soma-se a vantagem de facilidade de carregamento de sucata e gusa líquido, uma melhor qualidade de inspeção de refratários através de "laser scans".

Existem outras lanças de pós-combustão, porém com a finalidade de evitar formação de cascão de lança e em alguns casos posicionado na face do bico de lança com a finalidade de permitir maior quantidade de sucata enforada.

3.4 LANÇA COMO FERRAMENTA PARA CONTROLE DE SOLA DE CONVERTEDOR

Em determinados períodos, em geral, associado à produção de aços altos carbono, é comum ocorrer descontrolo da sola do convertedor com acúmulo de material básico, denominado de "bottom build up". A elevação da sola do convertedor reduz o volume interno do convertedor podendo aumentar a incidência de projeções. Uma forma de controle de controlar a sola é através do sopro com oxigênio conforme apresentado na Figura 12.

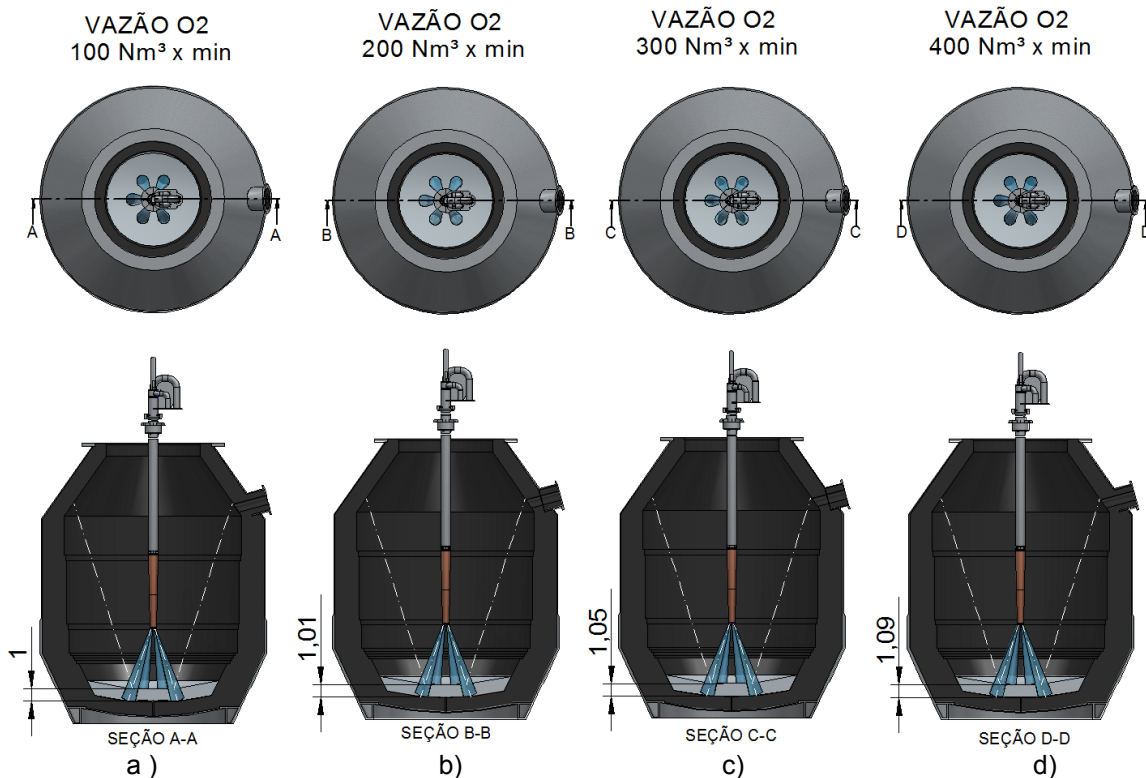


Figura 12 - Sopros de fundo com lança de oxigênio.

Na figura 12 é apresentada uma sequência ilustrando a lança em posição fixa e aumento gradativo da vazão de oxigênio. Na base do convertidor está representando uma camada escória solidificada no fundo do forno de 500mm. Na Figura é possível notar que com o aumento da vazão de oxigênio, ocorre uma maior penetração do jato de oxigênio sobre a escória (valores apresentados em forma de índice), chegando mesmo a tocar o refratário do fundo do convertidor como no caso da Figura 11 letras: c) e d). Uma imagem comparativa do processo de sopros de sola é apresentada na Figura 13.

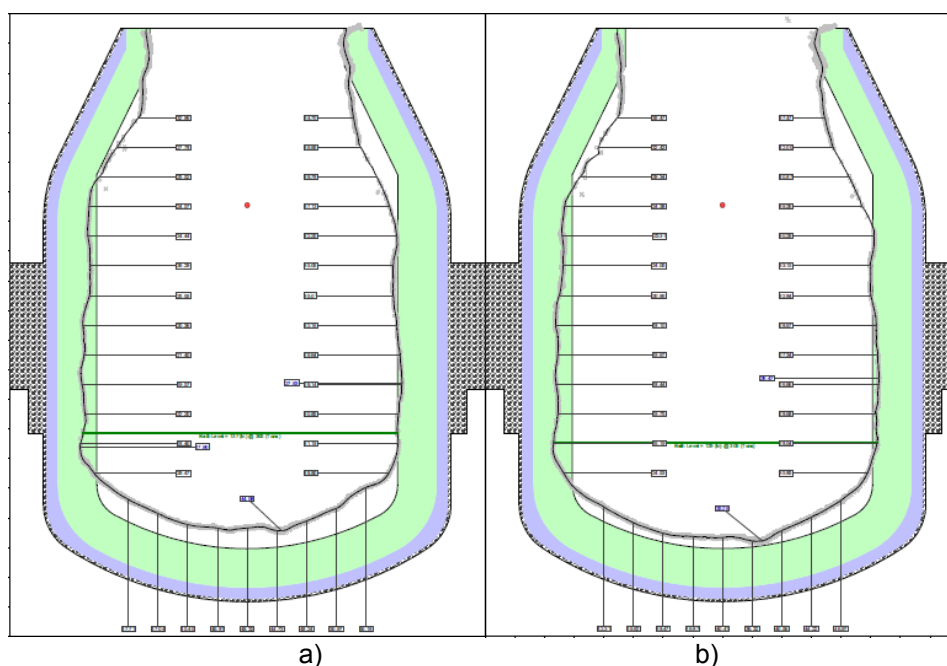


Figura 13 Comparativo de: a) convertidor com sola alta e b) convertidor após sopros de sola.

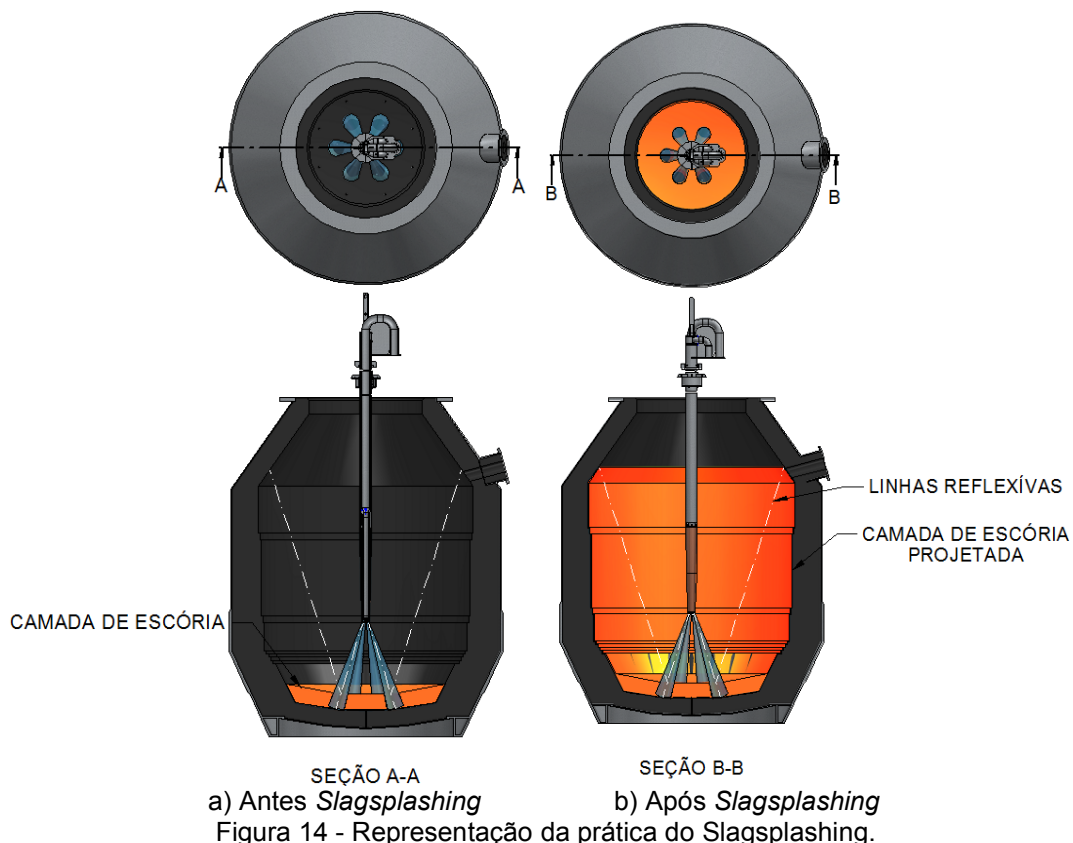
3.5 LANÇA COMO FERRAMENTA PARA REPARO E MANUTENÇÃO DO PERFIL REFRAATÓRIO DO CONVERTEDOR

A lança de oxigênio com as devidas adequações é adaptada para a prática do *Slagsplashing* [10]. Essa prática consiste no sopro de nitrogênio sobre uma escória previamente preparada com o objetivo de cobrir as paredes do convertedor com uma camada escória protegendo o refratário do convertedor nas corridas subseqüentes. A Equação 2 apresenta a equação utilizada para cálculo da penetração de jato sobre a escória.

$$\frac{1}{2} \times \rho_{GAS} \times \left(\frac{V_{EXIT} \times K \times D_{EXIT} \times \cos\theta}{(DBL+P)} \right)^2 \times n = (\rho_{SLAG} \times P \times g) + \frac{(\sigma_{SLAG} \times \cos\theta)}{P} \quad [2]$$

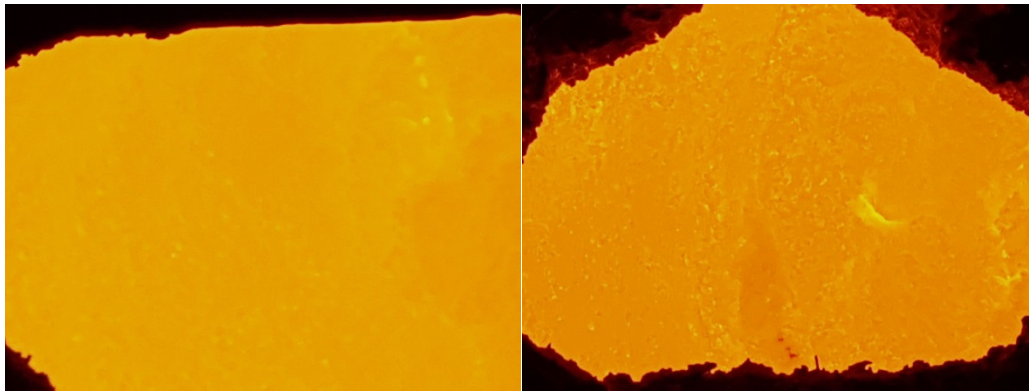
Onde: “ ρ_{GAS} ” – densidade do gás (kg/m³), “ ρ_{SLAG} ” – densidade da escória (kg/m³), “ σ_{SLAG} ” – tensão superficial da escória (N/m), “ V_{EXIT} ” – velocidade oxigênio na saída do bocal (m/s), “ D_{EXIT} ” – diâmetro de saída do bocal (m), “ DBL ” – distância lança banho (m), “ P ” – penetração do jato na escória (m), “ g ” – gravidade (m/s²), “ n ” – número de bocais de lança, “ θ ” – ângulo dos furos com vertical (graus).

A figura 14 apresenta um exemplo da utilização da Equação 2.



Na Figura 14, é demonstrando o jato de nitrogênio incidindo sobre a escória. A influência da altura de lança sobre a escória projetada é notado pela linha pontilhada. À medida que a lança sobe a escória projetada desce para região do cilindro aproximando da linha de banho estático.

A Figura 15 mostra um comparativo antes é após a realização de um *Slagsplashing*.



a) sola do convertedor antes

b) sola do convertedor após.

Figura 15 - Prática do *Slagsplashing*.

A Figura 15 mostra que ao soprar nitrogênio sobre a escória previamente preparada, ocorre seu espalhamento de forma uniforme pela superfície interna do convertedor pela contribuição da força do jato. O nitrogênio também contribui para refrigerar a escória que com as adições tem seu ponto de fusão elevado, assim acelera sua solidificação e aderência nas paredes do convertedor.

3.6 LANÇA COMO FERRAMENTA PARA REDUÇÃO DO HMR E DESFOSFORAÇÃO

Seguindo os princípios de pós-combustão^[8,9] como mostrado na equação 2, a lança pode aumentar a transferência de calor da lança para a face do bico. A tecnologia denominada Slagless Multi^{®[8,11,12,13]} foi desenvolvida com objetivo de se obter uma oxidação controlada na camada de escória através da energia proveniente da pós-combustão na região da face quente da lança. A Figura 16 abaixo apresenta a configuração do proposto bico.

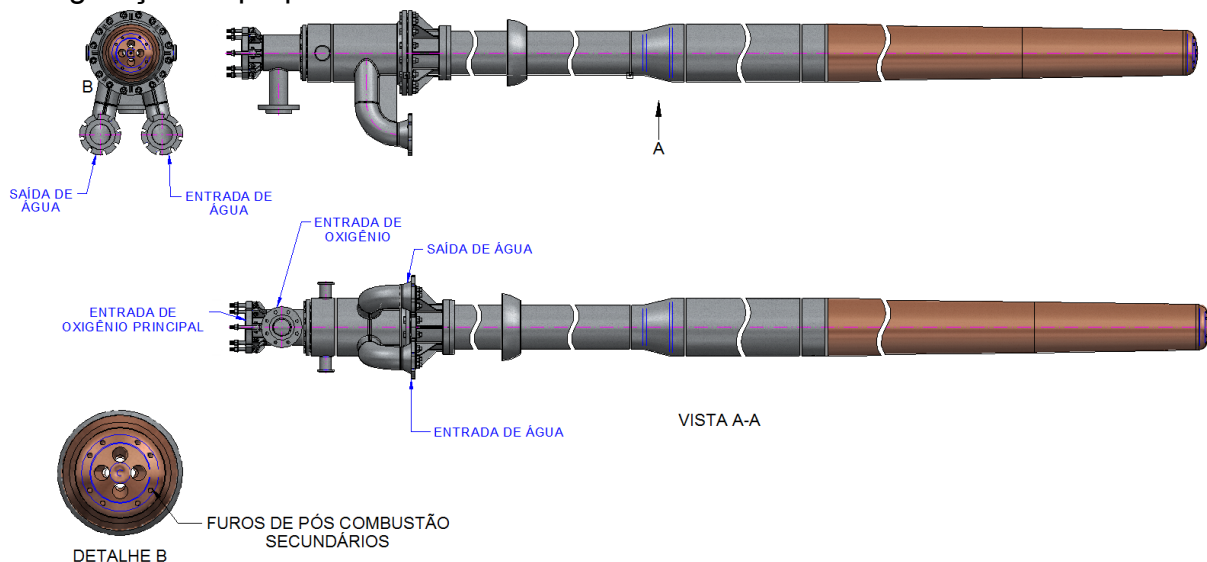


Figura 16 - Lança com pós-combustão no bico

Esta energia é útil para aumentar a quantidade de carga térmica na sucata. A pós-combustão na face do bico, são projetadas para ter baixa velocidade em comparação com os lavais principais do bico de oxigênio. Devido a esta condição, as reações de pós-combustão ocorrem antes do nível do banho estático. O produto

da pós-combustão é o gás CO₂. Estas reações evitam a redução do óxido de ferro, que pode contribuir para aumentar a taxa de desfosforação.

4 CONCLUSÃO

A lança de oxigênio com seus aprimoramentos tecnológicos têm contribuído significativamente aos processos metalúrgicos e tem potencial para novas agregações, reduzindo dos tempos de processo e garantindo os requerimentos de qualidade do produto, reduzindo atividades que exigem intervenção humana propiciando um ambiente industrial seguro e ininterrupto.

As principais conclusões desse trabalho são:

- a) Lanças de sopro são influenciadas pela geometria dos convertedores, mas também influenciam seu desempenho;
- b) A quantidade, geometria e densidade aparente da sucata têm influência na etapa de ignição e afetar o desempenho do bico de lança;
- c) O comportamento de sopro é afetado pela posição de montagem do bico em relação ao cabeçote de lanças e dessa montagem em relação à posição das ventaneiras;
- d) A montagem do bico em relação ao cabeçote pode influenciar na qualidade de medições através de Sub-Lança;
- e) Lanças acumularam funções além de sopro como:
 - i. Corte de boca;
 - ii. Sopro de fundo;
 - iii. *Slagsplashing*;
 - iv. *DeP*

5 ACKNOWLEDGMENTS

Os autores agradecem a:

Gerdau unidade Ouro Branco e Ternium Brazil pela continua parceria nos desenvolvimentos e a Lumar Metals pelo continuo incentivo e apoio a pesquisa e desenvolvimento.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 MAIA, Breno Totti; MARTINS, Antônio Augusto. Lança de Oxigênio. In: ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE METALURGIA, MATERIAIS E MINERAÇÃO. Aciaria a oxigênio. Rio de Janeiro: ABM, 2014.
- 2 GARAJAU, F. S., CETLIN, P. R., GUERRA, M. S. L., MAIA, B. T., MOREIRA, D. A Case Study: Wear in Supersonic Nozzle of Tip Lance in Vallourec Brazil Steelmaking, AISTech. p.1365-1375 2017 Proceedings. © 2017 by AIST
- 3 ALMEIDA, E. N., ASSUNÇÃO, W., OLIVEIRA, M. F., MAIA, B. T., GARAJAU, F. S., GUERRA, M. S. L., ANDRADE, W., SILVA, W. M. New BOF Performance at Gerdau Ouro Branco by Slagless® Technology. p.1273-1288 AISTech 2017 Proceedings. © 2017 by AIST
- 4 MAIA, B. T., GARAJAU, F. S., GUERRA, M. S. L., TAVARES, R. P., BALAJEE, S. R., CARVALHO, D. A. G. Effects of Oxygen Temperature and BOF Pressure Under Jet Penetration, p.1327-1334. AISTech 2017 Proceedings. © 2017 by AIST
- 5 SATO, C.; OLIVEIRA, D. C.; TORRES, J. G.; MAIA, B. T.; GARAJAU, F. S.; GUERRA, M. S. L.; ANDRADE, W. M.; LIMA, W. R. PERFORMANCE IMPROVEMENTS IN BOF AT ARCELORMITTAL MONLEVADE BY TECHNOLOGY SLAGLESS® LANCE In: 48º Seminário de Aciaria, Fundação e Metalurgia de Não-Ferrosos, 2017, São Paulo. Anais do Seminário de Aciaria, Fundação e Metalurgia de Não-Ferrosos. São Paulo: : Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração, 2017. v.48. p.29 - 39
- 6 MAIA, B. T, RIBEIRO, A. R., SOUZA, C. A., SANTOS, B. O. A., GARAJAU, F. S., GUERRA, M. S. L. Continous Developments at the Steelplant 1 Usiminas Ipatinga through Slagless Technology. AISTECH Proceedings 2015.
- 7 NASCIMENTO, Romário da Rocha; LIMA, Willian dos Reis. Configurações dos convertedores a oxigênio e parâmetros de operação. 2016.107 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) - Centro Universitário do Leste de Minas Gerais (Unileste MG), Coronel Fabriciano, 2016.
- 8 GUERRA, M. S. L., GARAJAU, F. S., MAIA, B. T, **Blow Spear for Fabrication of Metals and Maintenace of Loading and Blowing Operational Conditions** US. Pat. 9,732,393 B2. Aug. 15, 2017. 11p.
- 9 MAIA, B. T, SANTOS, B. O. A., GARAJAU, F. S., GUERRA, M. S. L., BARCELOS, H. S., TEIXEIRA, O. A. C. AOD Mouth Cleaning Results in APERAM South America Usina Slagless Clean Up. AISTECH Proceedings 2015.
- 10 AUAD, M. V., Desenvolvimento de Modelo para Cálculo de Adições no Processo de Slag Splashing e Slag Coating de um Basic Oxygen Furnace (BOF): Escola de Engenharia da UFMG, 2018. (Dissertação, Mestrado em Engenharia Metalúrgica)
- 11 GUERRA, M. S. L., GARAJAU, F. S., MAIA, B. T, Blow Lance Assembly for Metal Manufacturing and Refining. CN 104508152-B . 2016,10,26. 10p.
- 12 GUERRA, M. S. L., GARAJAU, F. S., MAIA, B. T, Blow Lance Assembly for Metal Manufacturing and Refining. IN 201717024748 A . Nov. 03, 2017. 10p.
GUERRA, M. S. L., GARAJAU, F. S., MAIA, B. T, Blow Spear for Fabrication of Metals and Maintenace of Loading and Blowing Operational Conditions US. Pat. 9,732,393 B2. Aug. 15, 2017. 11p