

## SEGURANÇA EM CASAS DE CORRIDA DE ALTO-FORNO\*

Daniel Bastos Martins Cruz<sup>1</sup>

### Resumo

A casa de corrida de um Alto-forno é uma área com exposição a diversos riscos para a segurança dos trabalhadores, tendo em alguns casos levado a fatalidades. Entre os riscos da área, podem-se mencionar radiações não ionizantes, altas temperaturas, ruído, intoxicação por monóxido de carbono, ou ainda acidentes operacionais. Apresentamos uma visão geral dos requisitos legais de segurança e de quais alternativas para mitigação destes riscos estão disponíveis no mercado, concluindo o trabalho com considerações para adaptação dessas alternativas em plantas existentes.

**Palavras-chave:** Segurança; Casa de Corrida; Perfuratriz, Canais de corrida.

### SAFETY IN BLAST FURNACE CAST HOUSES

#### Abstract

The Cast House in a Blast Furnace is an area with several safety risks, sometimes leading to casualties. Among the risks we can mention non ionizing radiation, high temperatures, noise and intoxication by carbon monoxide, as well as operational accidents. A review of legal safety requirements and which alternatives are available on the market to mitigate such risks was performed, concluding with considerations for implementing such alternatives in existing plants.

**Keywords:** Safety; Cast house; Drilling Machine; Runners.

<sup>1</sup> Eng. Mecânico, PMP, Vendas, Paul Wurth do Brasil, Belo Horizonte, MG, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

A casa de corrida de um Alto-forno é uma área com exposição a diversos riscos, tendo em alguns casos levado a fatalidades como em PortTalbot[1], Lázaro Cárdenas [2] e Scunthorpe [3].

Em condições normais de operação, podem-se mencionar os seguintes riscos [4]: Radiações não ionizantes, altas temperaturas, ruído e intoxicação por monóxido de carbono, entre outros. Considerando ainda as operações de preparação das máquinas de tamponamento e perfuração e a intensa movimentação de materiais na área, deve-se incluir também o risco de prensamento de membros. A mitigação destes riscos, *per se*, já apresenta um desafio relevante às empresas [6], o que é agravado pelo risco de acidentes em equipamentos do Alto-forno, como vazamentos de água [1], desgaste dos refratários [7 e 8], como também no manuseio do gusa líquido [3].

De forma a prevenir a ocorrência de acidentes, vários países instituíram normas e recomendações para máquinas e instalações industriais. Um exemplo seriam os Estados Unidos, onde são vigentes as seguintes normas [9]:

OSHA [9]

- OSHA 29 CFR 1910
- OSHA 29 CFR 1926

ANSI /NFPA [10]:

- ANSI B11 (toda a série de normas)
- ANSI B155.1: Safety Requirements for Packaging Machinery & Packaging-Related Converting Machinery
- ANSI Z244.1: Control of Hazardous Energy: Lockout/Tagout & Alternative Methods
- ANSI/ISA-84
- NFPA 79 Electrical Standard for Industrial Machines

Na Europa, aplica-se a Machine Directive 2006/42/EC - Edition 2.1, ilustrada esquematicamente nas figuras 1 e 2.

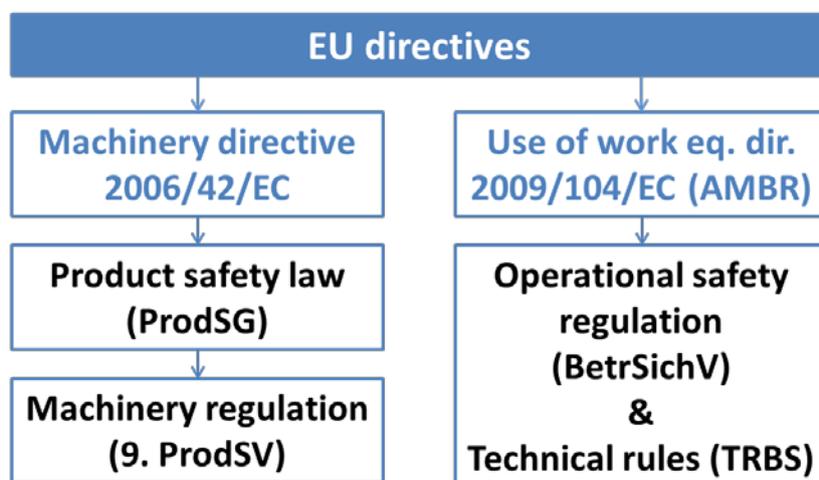


Figura 1. Estrutura das normas europeias. [11]

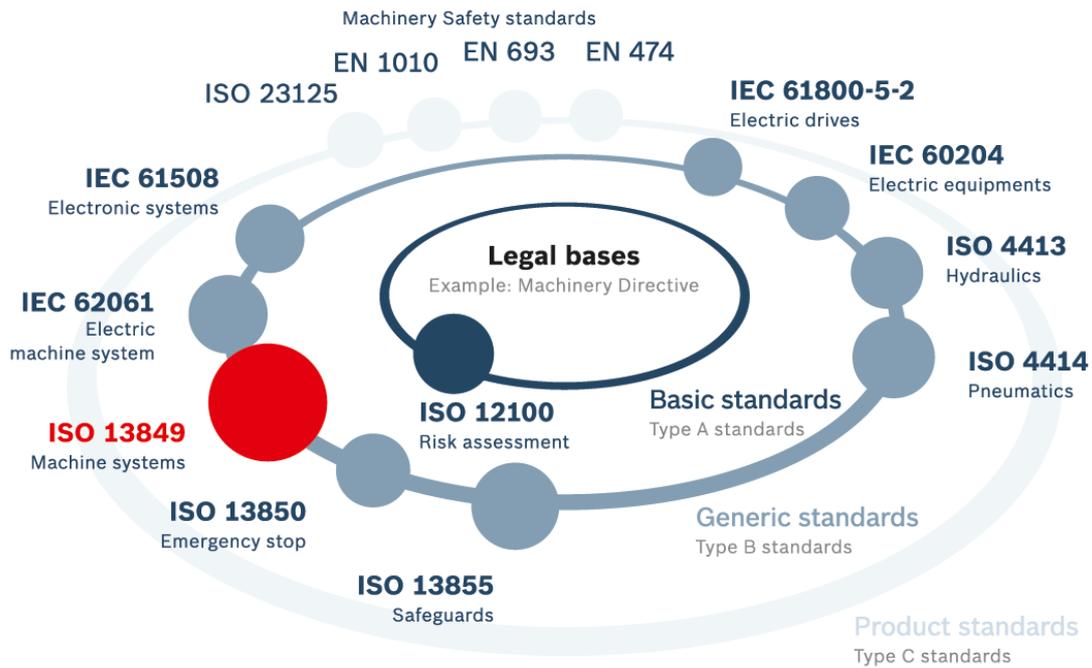


Figura 2. Hierarquização das normas Europeias vigentes [11]

No Brasil, a NR12 existe desde 1978, contudo sua fiscalização e a exigência de seu cumprimento foram intensificadas apenas por volta dos anos 2000. Sua atualização, tornando-a mais próxima de normas internacionais aconteceu em 2010. Desde então, a norma tem evoluído, incluindo requisitos específicos para determinados tipos de equipamentos. Um paralelo entre as normas europeias e brasileiras é apresentado na figura 3.

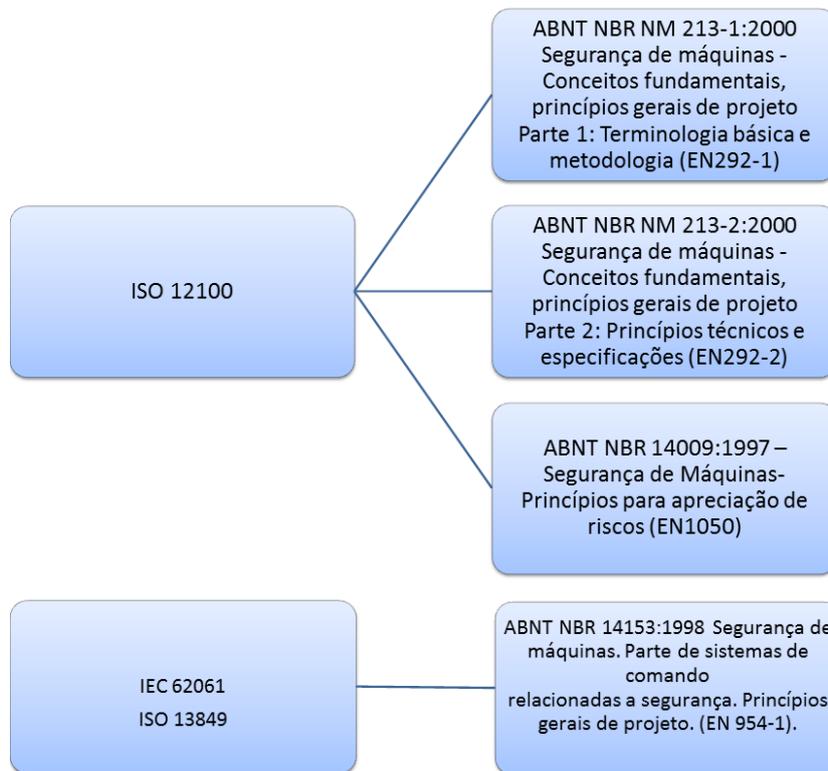


Figura 3. Relação entre Normas Europeias e Brasileiras

## 2 ALTERNATIVAS DISPONÍVEIS NO MERCADO

A seguir serão apresentados exemplos de requisitos aplicáveis à casa de corrida como disposto na legislação vigente, bem como alternativas comerciais para cumprimento das mesmas, eliminando ou mitigando os riscos de acidentes pessoais e materiais.

### 2.1 Bloqueio de fontes de energia

O item 12.113 da NR12 [12], apresenta a necessidade de bloquear fontes de energia antes de executar atividades que coloquem em risco os trabalhadores. Os equipamentos na casa de corrida geralmente são alimentados por energia elétrica, ar comprimido, nitrogênio e fluido hidráulico sob pressão. Em alguns casos, acumuladores guardam um volume adicional de fluido para permitir operação em caso de queda de energia, que também necessitam ser bloqueados.

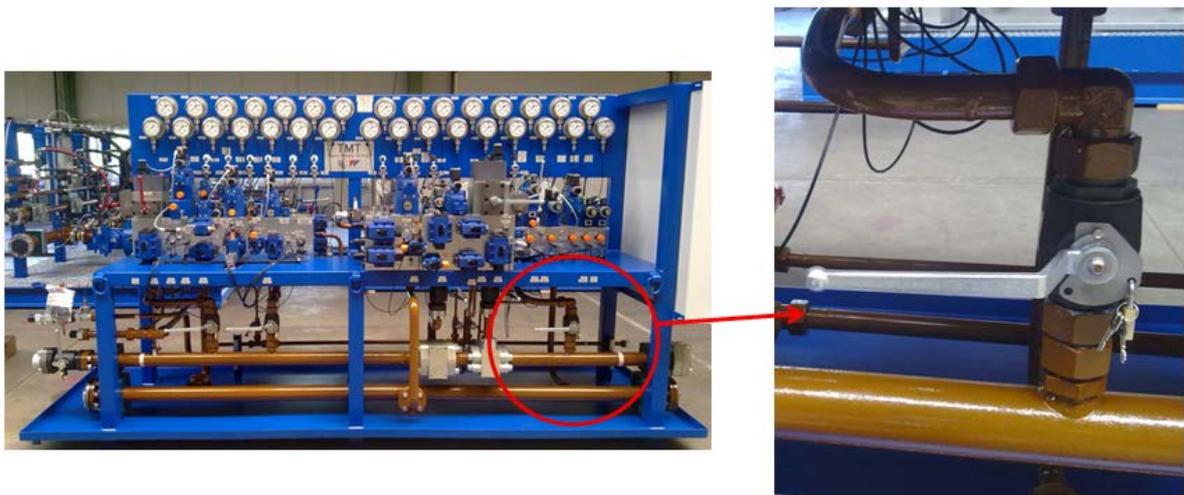


Figura 4. Bloqueio em linha hidráulica



Figura 5. Bloqueios elétricos

## 2.2 Bloqueios mecânicos

Uma das formas mais eficazes de bloqueio é quando um dispositivo mecânico impede a movimentação do equipamento. Neste caso, um comando para movimentação do equipamento seria impedido por uma trava mecânica capaz de suportar toda a aplicada energia para sua movimentação.

Existem casos onde é possível construir o dispositivo de bloqueio no próprio equipamento, eliminando a necessidade do operador/mantenedor deslocar-se até uma sala elétrica ou hidráulica para realizar o bloqueio, permitindo reduzir o tempo necessário para efetuar a operação com segurança.



Figura 6. Bloqueios mecânicos

## 2.3 Sinalização

Entre os itens 12.116 a 12.124, a NR12, menciona os requisitos de sinalização quando uma máquina ou grupo de máquinas vai iniciar uma sequência de operações. Entre as alternativas disponíveis estão semáforos para indicar possibilidade ou interdição do acesso a uma determinada área e sirenes para indicar o início de uma movimentação onde existem riscos.



Figura 7. Exemplos de equipamentos de sinalização

## 2.4 Dispositivos para prevenção de acionamento involuntário

Não é incomum as máquinas da casa de corrida possuírem mais de uma forma de comando, como controle remoto, mesa de operação e painel para carregamento de massa em máquinas de tamponamento. Na figura 8 apresentamos 3 diferentes dispositivos que podem acionar uma mesma máquina de tamponamento. Segundo a NR12 [12]:

“12.31 As máquinas ou equipamentos concebidos e fabricados para permitir a utilização de vários modos de comando ou de funcionamento que apresentem níveis de segurança diferentes, devem possuir um seletor que atenda aos seguintes requisitos”



Figura 8. Diferentes dispositivos para operação de máquina tamponadora TMT

Como solução para este ponto, se torna necessária a utilização de chaves seletoras para definir a prioridade de um ponto de operação sobre os demais e evitar que o equipamento seja operado simultaneamente por outra pessoa e um movimento indesejado seja produzido. No exemplo da figura 8, o painel de carregamento de massa tem uma seletora, que quando acionada, desabilita tanto o controle remoto quanto a mesa de operação. Após realizar o carregamento, o operador volta a seletora para a posição normal. Neste modo, uma seletora na mesa de operação determina se apenas o controle remoto ou apenas a mesa de operação estarão habilitados em um determinado momento.

## 2.5 Prevenção à exposição ao Gusa líquido e escória nos canais de corrida

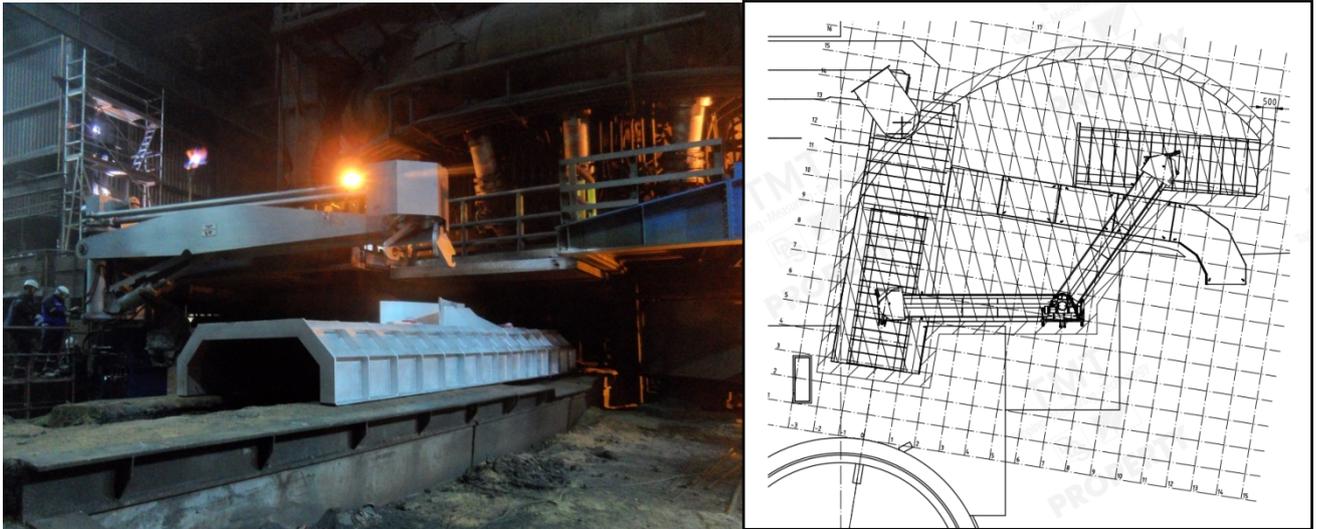
Segundo a NR12 [12]: “12.109 Devem ser adotadas medidas de proteção contra queimaduras causadas pelo contato da pele com superfícies aquecidas...”

O ferro-gusa e a escória em temperaturas usualmente acima de 1500°C apresentam fontes relevantes de energia transmitida tanto por convecção quanto radiação não ionizante, que muitas vezes são contornados pelo uso de diversos Equipamentos de Proteção Individual. Nas suas definições iniciais, a NR12 [12], considera que as medidas de proteção devem ser adotadas na seguinte ordem de prioridade:

- 1) medidas de proteção coletiva;
- 2) medidas administrativas ou de organização do trabalho; e
- 3) medidas de proteção individual.

Considerando que durante operação, um ou mais canais sempre estarão preenchidos de gusa e escória, ou no mínimo a altas temperaturas, o tempo de exposição x gravidade pode tornar este um dos maiores riscos da casa de corrida.

A solução mais frequente observada nos Altos-fornos é a cobertura dos canais por tampas, sendo que a mais próxima do canal de corrida é movida por um equipamento especial que permite o acesso da perfuratriz e máquina de tamponar para as operações de abertura e fechamento do furo de gusa. Um exemplo desses equipamentos, fornecido pela empresa TMT, é apresentado nas figuras 9 a 11.



**Figura 9.**Exemplo de manipulador de tampa de canal



**Figura 10.**Tampa removida para permitir operação de tamponamento



Figura 11. Tampa cobrindo canal principal

## 2.6 Dispositivos de segurança para carregamento de massa no canhão de tamponamento

A NR12 [12] prevê que tanto a operação do equipamento, como atividades auxiliares como inspeção, manutenção e limpeza também devem prever sua execução com segurança:

“12.113 A manutenção, inspeção, reparos, limpeza, ajuste e outras intervenções que se fizerem necessárias devem ser executadas por profissionais ... com adoção dos seguintes procedimentos:

- a) isolamento e descarga de todas as fontes de energia...
- b) bloqueio mecânico e elétrico...”

Um exemplo deste tipo de operação é o carregamento de massa no canhão de tamponamento, atividade que pode ser realizada diversas vezes durante um turno de operação. Nesta operação os seguintes riscos estão presentes:

- a) prensamento de membros superiores durante operação de compactação da massa no barril (desaeração). O painel de controle local deve ser posicionado a uma distância que não permita um operador introduzir a mão pela abertura de carregamento (a realização da tarefa em dupla aumenta o risco da operação, pois um operador pode acionar o equipamento enquanto o outro está sujeito ao risco);
- b) prensamento do corpo e/ou membros no caso de acionamento acidental do giro do canhão ou da perfuratriz. Para eliminar estes riscos é possível que os operadores estejam fora da área de movimentação dos equipamentos utilizando cercamento e um equipamento de carregamento como nas figuras 12 e 13.



Figura 12. Carregador de massa no canhão



Figura 13. Cercamento de área

## 2.7 Dispositivo de segurança para troca de brocas na perfuratriz

Esta operação, também corriqueira nas casas de corrida, apresenta alguns elementos similares ao carregamento de massa, em que uma movimentação indesejável no momento da troca de broca pode trazer riscos relevantes aos operadores. Em alguns casos, a posição da perfuratriz e o peso da broca também apresentam riscos ergonômicos.

O risco de movimentação é minimizado, quando o giro dos equipamentos é desabilitado antes da operação de troca da broca, podendo ainda ser combinado com o bloqueio mecânico do giro. Este último pode ser realizado pelos próprios operadores. Outra alternativa que permite minimizar a presença dos operadores

nazona de risco é a utilização de uma estante para suporte das brocas (“magazine”), que permite o reabastecimento da perfuratriz de forma mecanizada.

Brocas de diferentes diâmetros podem ser armazenadas e uma máquina automatizada faria tanto a remoção da broca usada quanto a instalação de uma nova broca de uma das posições da estante até a perfuratriz.

Um exemplo desta máquina pode ser visto na figura 14, na qual é possível ao operador definir o diâmetro de cada broca posicionada na estante, permitindo posteriormente a escolha do diâmetro mais adequado para as condições do cadinho (temperatura, tempo de corrida desejado, etc).

Com a mecanização da atividade de troca da broca, é possível restringir o acesso à perfuratriz, como ilustrado na figura 15 e reduzir a exposição dos operadores à movimentações indesejadas dos equipamentos, assim como de radiação e fumos metálicos originários dos canais de vazamento.



**Figura 14.** Trocador automático de brocas



**Figura 15.** Cercamento de área da perfuratriz e canhão de tamponamento

## 2.8 Medidas gerais para prevenção de acidentes envolvendo a operação do alto-forno.

Algumas situações imprevistas na operação dos Altos-fornos, como escória nas ventaneiras, ou vazamento de água podem ocasionar sérios acidentes, como os descritos em [1,2 e 3], com impactos na área da casa de corrida. Ao evitar a permanência dos operadores na área, diminui-se também a exposição a estes eventos imprevistos. Outro fator que também tem potencial para reduzir consequências destas situações é treinamento e simulação de situações de emergência na casa de corrida, como mencionados em [13].

## 3 CONCLUSÃO

Após um grande período sem atualizações, as normas brasileiras de segurança tem agora maior clareza quanto aos requisitos de máquinas e equipamentos. Entre as modificações recentes pode-se destacar:

- máquinas nacionais ou importadas estão sujeitas às mesmas regras, sendo o fabricante local ou importador responsáveis pelo atendimento aos requisitos legais;
- equipamentos fabricados antes de 24/12/2011 (vigência do texto base atual da NR12) também estão sujeitos a diversos requisitos;
- diversos aspectos da legislação brasileira estão agora alinhados com normas internacionais.

Para fazer frente aos novos requisitos, o mercado tem desenvolvido diversas alternativas, com a robustez adequada ao ambiente das casas de corrida. Diferentes abordagens têm sido aplicadas para implantação das soluções:

- equipamentos adicionais: Ao lado dos equipamentos existentes, são instalados novos equipamentos, como manipuladores de tampa de canal;
- reforma de equipamentos: Além de substituir partes desgastadas e recuperar o desempenho original, podem-se implantar novas funções de segurança ou melhorá-las, tais como bloqueios mecânicos/hidráulicos, simplificações das operações de manutenção, etc;
- substituição de equipamentos: no contexto de reforma de um Alto-forno, o prazo ou o custo da reforma de uma perfuratriz ou máquina de tamponar pode não ser adequado ao tempo de parada planejado. Neste caso, a fabricação de um equipamento novo pode incorporar novos elementos de segurança, como também uma melhoria do layout da casa de corrida.

Esta combinação de possibilidades facilita o encontro de uma solução mais adequada para cada casa de corrida, de forma a reduzir riscos de acidentes pessoais e materiais, além de atender às normas vigentes e minimizar riscos financeiros e legais.

## REFERÊNCIAS

- 1 Health and Safety Executive. The explosion of No. 5 Blast Furnace, Corus UK Ltd, Port Talbot. Government of the United Kingdom. 2001
- 2 B. Ross, P. Noakowski, M. Bredderman. Blast Furnace Break Out. In: Case Histories on Integrity and Failures in Industry. Failure Analysis Associates.
- 3 Fishwick, T. "A blast furnace explosion resulting in multiple fatalities." Loss Prevention Bulletin 215 (2010).
- 4 C.E.Domingues et al. Manual de auditoria em segurança e saúde no setor siderúrgico. Ministério do trabalho e emprego. p. 13-14 2002.
- 5 F. B. D. A.Rodrigues, Análise e prevenção de riscos de acidente: a importância do uso dos EPI's na indústria.
- 6 M.R. Botelho e M. P. Faria. Auditoria em segurança e saúde no trabalho em empresas produtoras de Ferro-gusa no estado de Minas Gerais, Brasil. Revista Baiana da Inspeção do Trabalho. Num 2. (2015). P 75-89
- 7 E. T. B. dos Santos. Avaliação da drenagem de líquidos do cadinho do Alto-Forno 2 da ArcelorMittal Tubarão através de modelagem física e matemática. Dissertação de Mestrado. UFOP, 2009
- 8 A.S. Ribeiro et al. Técnicas de caracterização para o desenvolvimento de massas de tamponamento para altos-fornos. Cerâmica 59, pag 47-58. 2013
- 9 Etherton, John R. "Industrial machine systems risk assessment: A critical review of concepts and methods." RiskAnalysis: AnInternationalJournal 27.1pag71-82. 2007.
- 10 Occupational Safety and Health Administration. Standards. 2018. [acesso em 14 jun 2018]. Disponível em <https://www.osha.gov/SLTC/machineguarding/standards.html>
- 11 C. Meisch. Cast House Safety. Blast Furnace Technical ComitteeStahlinstitutVDEh. 2016.
- 12 Ministério do Trabalho e Emprego. Norma Regulamentadora 12 - SEGURANÇA NO TRABALHO EM MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. 2018.
- 13 Sundararaj, G., et al. "Risk prevention and management in blast furnace operation through mock drill exercise." Production Planning & Control 11.2 (2000): 197-206.
- 14 P. G. Geyer, Z. Halifa. Blast Furnace tapping practice at ArcelorMittal South Africa, Vanderbijlpark Works. The Southern African Institute of Mining and Metallurgy Furnace Tapping Conference, 2014.
- 15 A. Preuer, J. Winter, H. Hiebler. Computation of the iron flow in the hearth of a blast furnace. Steel Research Volume 63, Issue 4, pages 139-146. 1992