



**UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA METALÚRGICA E MATERIAIS
CURSO DE ENGENHARIA METALÚRGICA**

CARLOS FILIPPE DE SOUSA MORAIS

**IMPLANTAÇÃO DA FERRAMENTA “DISPONIBILIDADE” NO
DESGASEIFICADOR À VÁCUO DA CSN**

**FORTALEZA
2015**

CARLOS FILIPPE DE SOUSA MORAIS

IMPLANTAÇÃO DA FERRAMENTA “DISPONIBILIDADE” NO DESGASEIFICADOR À
VÁCUO DA CSN

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Metalúrgica e da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Metalúrgica.

Orientador: Prof. Dr. Jeferson Leandro Klug

FORTALEZA

2015

CARLOS FILIPPE DE SOUSA MORAIS

IMPLANTAÇÃO DA FERRAMENTA “DISPONIBILIDADE” NO DESGASEIFICADOR À
VÁCUO DA CSN

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Metalúrgica e da Universidade Federal do Ceará, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Metalúrgica.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Dr. Jeferson Leandro Klug (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Dr. Marcelo José Gomes da Silva
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Profa. Dra. Janaína Gonçalves Maria da Silva Machado
Universidade Federal do Ceará (UFC)

A Deus.

Aos meus pais, Chico Neidson e Beta Moraes.

A minha querida Vó Edite que apesar de não se encontrar presente fisicamente, nunca deixou e deixará, de reinar em meu coração.

AGRADECIMENTOS

A Deus pelo dom da vida e por ter guiado e iluminado cada passo dado nessa jornada da vida.

Aos meus pais, Chico Neidson e Elizabete Moraes por terem sido os maiores incentivadores do estudo e por não medirem qualquer tipo de esforço para que esse sonho se tornasse realidade. Sem seu apoio nada seria possível em minha vida.

Ao meu Tio Roberto Moraes e meu primo Getúlio Moraes pelo apoio irrestrito dado durante toda a minha vida acadêmica, sempre com apoio e carinho.

A minha namorada Nádia, que esteve presente ao meu lado desde o instante momento que adentrei na UFC e que com palavras de amor, carinho, incentivo, apoio e confiança me ajudaram a superar os obstáculos. Por ter tido paciência e entendimento da situação.

Aos amigos Acácio e Vilaci Amorim por terem contribuído para o sucesso desta etapa.

Aos meus tios Roberto Moraes, Raimunda, Dulina, Neide, Neuton, Neusa, Neuma, Maurício, Antônio Nei, Nivaldo.

As dezenas de primos espalhados por cada canto do Brasil, em especial, Cearenses, Paulistas e Mineiros.

Aos amigos da Companhia Siderúrgica Nacional, em especial, Rodrigo Magalhães, Antônio Augusto, Rafaela Batista, Rafaela Pacheco e Sidney Nascimento por terem acreditado no meu trabalho durante o período de estágio e compartilhado de seus conhecimentos comigo.

Aos amigos e “quase” engenheiros metalurgistas da turma de 2010.1 de Engenharia Metalúrgica da UFC onde toda a batalha se iniciara: Alessandro Gums, Ângelo Bezerra, Bruno Minelly, Caio Robson, Ed Massey, Francsico Alberto, Francisco Helton, Francisco Olimpio, Hillane Mirelle, Jeffeson Veira, Lucas de Paula, Pablo Bruno, Petrônio Freitas, Raoni Alves e Vinicius Moraes.

Aos amigos engenheiros e futuros engenheiros metalurgistas que compartilhei estresses, brincadeiras, estudos e companheirismo: Cláudio Brasil, Darley Lima, Emanuel Seixas, Emerson Edilson, Francisco Antônio, Francisco Diego, Héctor Picarte, Hédipo Pereira, Ivon Lourenço, José Raphael, Lincoln Guimarães, Lucas Uchôa, Marcos Daniel, Marcelo Angelotto, Natan Lima, Raimundo Luís, Ruy Alves, Stefano Augusto, Thiago Freitas e Walisson Silva.

Aos meus amigos do período de estágio na CSN: Delaney Gomes, Francisco Diego, Francisco Leonardo, José Raphael, Marcos Paulo, Reinaldo Azevedo e Tomaz Júnior pelo período vivenciado em Volta Redonda –RJ.

Aos amigos de Pereiro que sempre estiveram presente: Allan John, Cassio, Fagner Oliveira, Gardel, George Oliveira, Katson, Márcio, Morais Neto, Marcos César, Murilo, Pedro Gino, Ricardo, Van Nanes e Wagner Alves.

A todos os professores responsáveis pela minha formação estudantil.

Ao professor Jeferson Klug pela orientação acadêmica.

Ao professor Lindberg Gonçalves responsável maior pela parceria UFC/CSN.

Aos professores do Departamento de Engenharia Metalúrgica da UFC.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes.”

Marthin Luther King

RESUMO

O objetivo do trabalho foi o desenvolvimento de um software para mapear o real tempo de operação do RH da Companhia Siderúrgica Nacional – CSN. Essa necessidade de mapeamento do equipamento se deveu ao fato de que não havia controle de tempos e eventos no RH, e este ser responsável pela produção de aços com baixíssimos teores de carbono, onde uma das aplicações principais desses aços se dá na indústria automotiva, onde a CSN tem maior margem de lucratividade. A ferramenta identifica os atrasos antes e durante o tratamento de aço, e para o registro destes eventos foi criada uma tela automática que é aberta ao operador toda vez que é identificado atrasos, seja durante a troca de panela (Disponibilidade) ou durante o tratamento do aço (Processo). É possível visualizar em qualquer período desejado o preenchimento dos atrasos através de um relatório e uma interface gráfica interativa gerada pelo software, e com isso tomar medidas capazes de melhorar a produtividade no RH. Os resultados abordados ao longo deste trabalho mostra que a solução de uma pequena parte destes atrasos pode gerar ganhos de produção significativos para a Companhia Siderúrgica Nacional.

Palavras-chave: RH; Produção de aço; Refino secundário.

ABSTRACT

The objective was to develop a software to map the real operating time for RH of Companhia Siderúrgica Nacional - CSN. This need for mapping equipment was due to the fact that there was no control times and events in HR, and this is responsible for the production of steels with very low carbon content, where one of the main applications of these steels is given in the industry automotive, where CSN has a higher margin of profitability. The tool identifies delays before and during treatment of steel, and to record these events has created an automatic screen that is open to the operator every time delays is identified, either during the exchange cooker (availability) or during treatment steel (process). You can view at any desired time to fill out the delays in a report and an interactive graphical interface generated by the software, and thus take measures to improve productivity in HR. The results discussed in this work shows that the solution of a small part of these delays can generate significant production gains for Companhia Siderurgica Nacional.

Keywords: RH; Steel; Ladle metallurgy.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Fluxograma esquemático da etapa do refino do aço nas usinas siderúrgicas	16
Figura 2 - Processos de Aquecimento Químico	18
Figura 3 - Esquemática do refino secundário CAS-OB	19
Figura 4 - Elevação de temperatura no CAS-OB	20
Figura 5 - Esquemática de uma estação completa de refino secundário IR-UT	21
Figura 6 - Funções e utilizações do Forno Panela	24
Figura 7 - Estação de refino secundário Forno-Panela.....	25
Figura 8 - Principais componentes do circuito de alimentação de energia do Forno-Panela...	26
Figura 9 - Representação esquemática da estação de refino secundário do tipo RH.	30
Figura 10 - Estação do Desgaseificador à Vácuo da CSN	31
Figura 11 - Sistema de panela Móvel	31
Figura 12 - Tipos de vasos do RH	32
Figura 13 - Equilíbrio entre carbono e oxigênio para pressões de CO distintas	33
Figura 14 - Pressão parcial do Hidrogênio x Teor de hidrogênio no aço.	34
Figura 15 - Pressão parcial do nitrogênio x teor de nitrogênio no aço.	35
Figura 16 - Tela de Preenchimento do “Disponibilidade”	37
Figura 17 - Tela de Preenchimento do “Processo”.	40
Figura 18 - Tela do histórico de eventos do “Disponibilidade”	41
Figura 19 - Tela do histórico de eventos do “Processo”	41
Figura 20 - Tela do relatório do “Disponibilidade”	42
Figura 21 - Ganho estimado em número de corridas.....	43

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Porcentagem de aços para cada rota do refino secundário da CSN em 2014.....	17
Tabela 2 - Grupos pré-cadastrados no software “Disponibilidade”.....	38
Tabela 3 - Grupo e Motivos pré-cadastrados no software “Disponibilidade”.....	38
Tabela 4 - Exemplo de um tratamento de um aço 2710.....	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABM	Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração
ARBL	Alta Resistência Baixa Liga
CAS-OB	Composition Adjustment by Sealed Argon Bubbling
CHS	Chemical Heating Stations
CSN	Companhia Siderúrgica Nacional
DH	Dortmun – Horder Huettenuion
IF	Interstitial Free
IR-UT	Injection Refining – Up Temperature
KTB	Kawasaki Top Oxygen Blowing
LD	Linz – Donawitz
RH	Ruhrstahl - Heraeus
VAD	Vacuum Arc Degassing
VD	Vacuum Degassing
VOD	Vacuum Oxygen Descarburization

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 OBJETIVOS	15
2.1 Objetivos Gerais	15
2.2 Objetivos Específicos	15
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
3.1 Refino Secundário do Aço	16
3.2 Principais processos e equipamentos do refino secundário	18
3.2.1 Estação de Borbulhamento ou Aquecimento químico	18
3.2.2 Forno Panela	23
3.2.3 Desgaseificador à Vácuo – Tipo RH	27
4 MATERIAIS E MÉTODOS	36
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	37
6 CONCLUSÃO.....	43
REFERÊNCIAS	45

1 INTRODUÇÃO

Um forte indicador do estágio de desenvolvimento econômico de um país é a sua produção de aço. É impossível imaginar, nos dias atuais, a vivência mundial sem o uso do aço. Seu consumo engloba a construção civil, indústria automobilística, meios de comunicação, produção de equipamentos de variadas formas e uso, etc.

A companhia Siderúrgica Nacional é caracterizada por ser uma usina integrada e uma das maiores siderúrgicas do Brasil, está localizada na cidade de Volta Redonda/RJ, com produção anual aproximadamente de 5,5 milhões de toneladas de aço. Atualmente, entre seus ativos a empresa conta com uma usina siderúrgica integrada, cinco unidades industriais, sendo duas delas no exterior (Estados Unidos e Portugal), minas de minério de ferro, calcário e dolomita, uma forte distribuidora de aços planos, terminais portuários, participações em estradas de ferro e em duas usinas hidrelétricas. O aço da CSN (Companhia Siderúrgica Nacional) está presente em diversos segmentos, entre os quais se destacam o Automotivo, Construção Civil, Embalagem e Linha Branca, fornecidos para clientes no Brasil e no Exterior.

A competitividade, juntamente com a produtividade aliado a incessante redução de custos do setor é o principal desafio imposto pelas empresas do ramo. Não basta fazer aço, tem de fazer aço ao menor custo possível.

Uma das ferramentas essenciais para que se consiga êxito neste desafio imposto a ao ramo da engenharia é a utilização de ferramentas computacionais. Elas têm o propósito de dinamizar o processo e fornecer dados suficientes e precisos para a identificação de possíveis problemas. Feita essa identificação o passo seguinte é elaborar as soluções necessárias para que o processo se torne mais produtivo, com menor perda de tempo e redução nos custos.

O presente trabalho aborda justamente o aumento da produtividade e a redução de custos através da criação do software “Disponibilidade”, onde esta se encontra implantada no púlpito do desgaseificador à vácuo da CSN.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivos Gerais

- Identificar e quantificar os problemas crônicos que impedem uma melhor performance do equipamento permitindo que ações de melhoria/bloqueio sejam implantadas.

2.2 Objetivos Específicos

- Registrar de forma precisa o real tempo de operação do RH, os atrasos durante o tratamento da corrida e os motivos da não utilização do equipamento;
- Verificar o tempo decorrido desde o último tratamento e, caso esse tempo seja superior ao considerado aceitável (20 min), é aberta uma tela automática no Modelo de Nível 2 onde o operador deve justificar o motivo do equipamento não estar operando;
- Justificação no software de qualquer atraso que exceda o tempo de processo do grau de aço mais tolerância de 2 min.
- Visualização dos resultados via interface gráfica em qualquer período desejado.

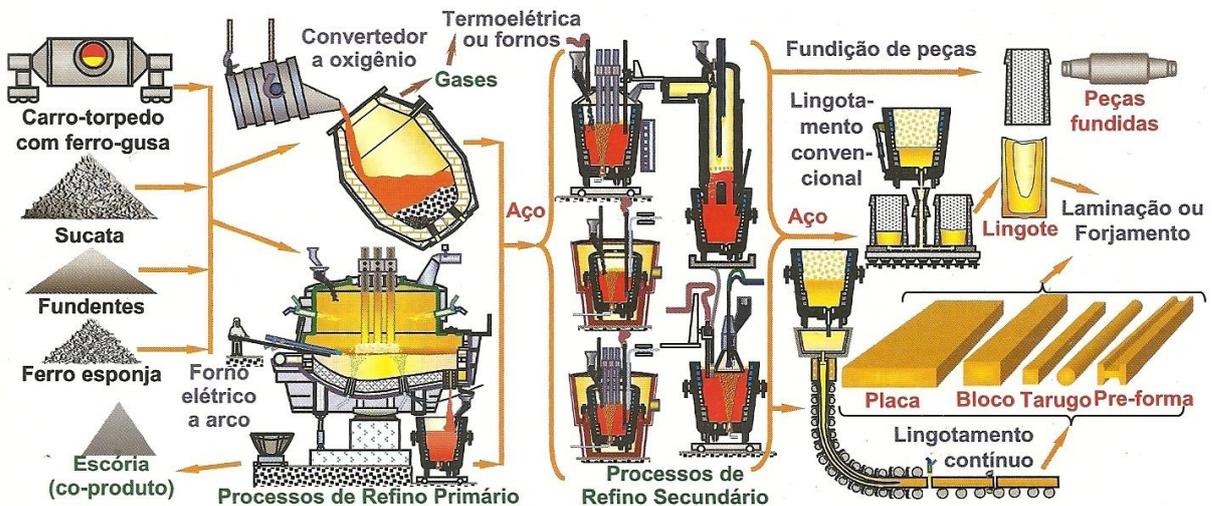
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Refino Secundário do Aço

O mundo competitivo da siderurgia, onde a regra básica é aumentar a produtividade, reduzir os custos e fabricar aços com exigências cada vez maiores de qualidade, conduziu o desenvolvimento dos processos de refino para meios diferentes do refino primário do aço (refino no convertedor), fazendo com que estes tivessem seus objetivos mais voltados para a tarefa de fusão da carga e elaboração do aço primário. O refino secundário passou a ter esse papel importante no refino mais elaborado dos aços. Com isso o tempo de permanência do aço primário em um conversor LD, por exemplo, teve uma redução significativa.

A Figura 1 apresenta um fluxograma da etapa de refino do aço para ilustrar o posicionamento dos processos de refino secundário nas usinas siderúrgicas.

Figura 1 - Fluxograma esquemático da etapa do refino do aço nas usinas siderúrgicas



Fonte: Rizzo. E.M.S. (2006)

Segundo Rizzo, os principais objetivos da etapa de refino secundário são:

- A redução do tempo de elaboração do aço, visando um aumento de produção, de produtividade e redução de custos da aciaria.

- Uma maior flexibilidade operacional ou de controle do sincronismo do forno de fusão até o lingotamento do aço.
- O controle de temperatura do aço líquido, geralmente através do aquecimento.
- O ajuste de composição química do aço.
- Aumento do grau de limpidez do aço.
- O controle da microestrutura e/ou macroestrutura das peças solidificadas.

Na CSN o refino secundário compreende 3 rotas para o refino e adequação das exigências de qualidade do aço, são elas: Estação de Borbulhamento, Forno-Panela e Desgaseificador a Vácuo – RH. A Tabela 1 mostra o percentual de aços que passa por cada rota do refino secundário, e inclui a Rota Direta, que é o aço que após a metalurgia de panela é direcionado diretamente para a máquina de lingotamento contínuo, sem que esse passe por quaisquer umas das rotas de refino secundário.

Tabela 1 - Porcentagem de aços para cada rota do refino secundário da CSN em 2014

Rota	Percentual (%)
Direta	7%
Estação de Borbulhamento	59%
Forno-Panela	8%
Desgaseificador a Vácuo – RH	25%

Fonte: Banco de dados da CSN (2014)

Nota-se pela tabela acima que quase 60% dos aços passam pela estação de borbulhamento, isso é explicado pelo fato de que neste equipamento passam aços comuns, que precisam de pequenos ajustes em sua composição para que possam seguir para a máquina de lingotamento contínuo. No Forno-Panela e no Desgaseificador a Vácuo – RH passam os aços mais complexos, que exigem maior limpidez do aço, porém não impedem que estes equipamentos possam processar o aço mais simples. Adiante serão explicados com maiores detalhes os equipamentos do refino secundário.

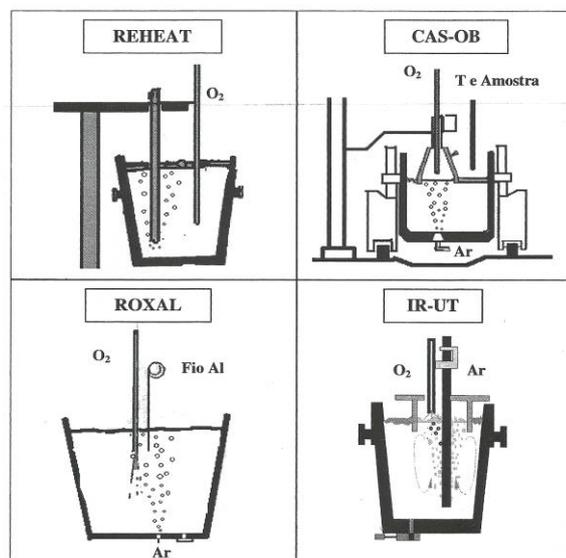
3.2 Principais processos e equipamentos do refino secundário

São diversos os processos disponíveis para executar as variadas operações necessárias de refino dos aços. A maioria dos processos consiste no tratamento dos aços na panela, sendo raríssimos aqueles que são feitos em outros vasos. Por isso, o termo refino secundário muitas vezes se confunde com metalurgia ou refino em panela. A escolha do tipo de instalação depende das necessidades específicas de refino para cada tipo de aço; da produtividade desejada; do volume de aço a ser processado; e do valor do investimento que se pode fazer, e seu retorno. Em seguida serão abordados os principais processos e equipamentos do refino secundário utilizados pelas siderúrgicas, dando maior ênfase ao Desgaseificador a Vácuo – RH, onde este trabalho foi desenvolvido.

3.2.1 Estação de Borbulhamento ou Aquecimento químico

De acordo com Rizzo a grande diferença entre os diversos processos de aquecimento químico, também denominados de CHS (Chemical Heating Stations ou estações de aquecimento de químico), mais utilizados nas indústrias siderúrgicas, reside no tipo de borbulhamento utilizado (lança ou plugue) e no tipo de manilha refratária (snorkel) empregada para isolar a superfície do metal em relação à escória que sobrenada o mesmo. Entre os vários processos de aquecimento químico, vamos nos limitar aos quatro mais conhecidos, que são apresentados na Figura 2.

Figura 2 - Processos de Aquecimento Químico



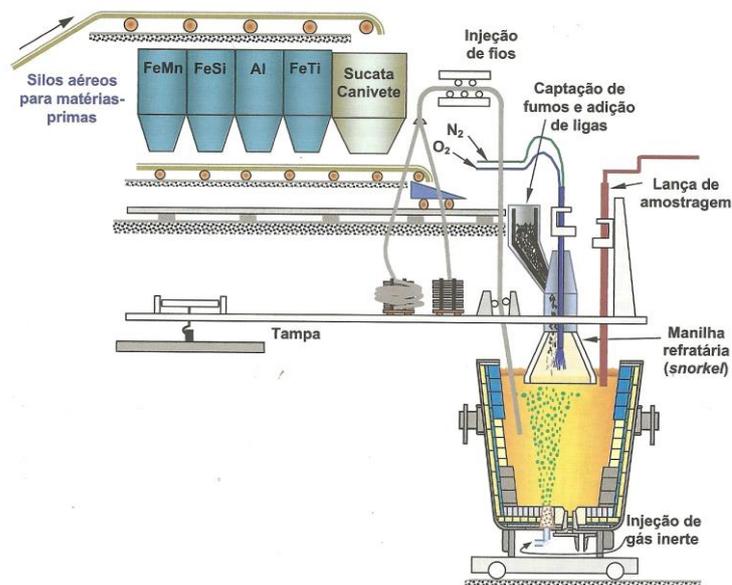
Considerando as diferenças entre o uso do plug ou da lança na estação de borbulhamento, podemos mencionar que com o plugue é possível controlar vazões muito baixas, favorecendo a flutuação de inclusões e permitindo o borbulhamento em praticamente todas as etapas do processo. Porém, existe o risco de vazamento de aço pelo plugue ou o seu entupimento. Já a lança permite maior área de agitação, capacidade de injetar pó e elimina a preparação prévia da panela. Porém, necessita operar com vazões mais altas, favorecendo a homogeneização e provocando grande interação entre o metal e a escória.

Apesar da Figura 2 apresentar quatro processos de Aquecimento Químico, os processos Roxal e Reheat foram desenvolvidos e são utilizados apenas em empresas específicas. Os dois grandes grupos mais utilizados são o CAS-OB (*Composition Adjustment by Sealed Argon Bubbling*) e o IR-UT (*Injection Refining – Up Temperature*). O qual será abordado as principais características de cada um na sequência.

Processo CAS-OB

Rizzo cita que o processo CAS-OB objetivava apenas a economia de ligas em seu início, em especial o alumínio, já que a adição é feita diretamente na superfície do aço, em área isenta de escória, para evitar a perda de rendimento metálico. Porém, logo foi adaptado para permitir o aquecimento, pela instalação de lança para sopro de oxigênio. A Figura 3 mostra uma esquematização do processo CAS-OB.

Figura 3 - Esquematização do refino secundário CAS-OB



Fonte: Rizzo. E.M.S. (2006)

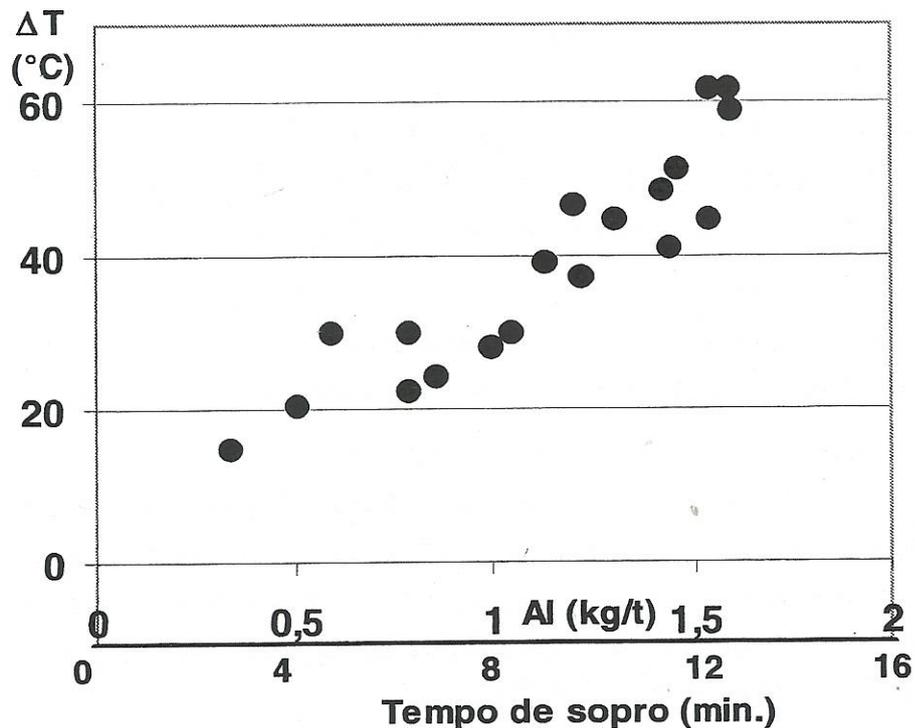
A barragem da escória é conseguida pela imersão de um sino refratário sobre o “olho de aço”, aberto pelo borbulhamento de gás, com alta vazão, através de plugue, instalado no fundo da panela, permitindo uma eficiente selagem da superfície do aço líquido.

Para adição de ligas, existe um sistema composto de silos de armazenagem e de acumulação, instalados sobre o sistema e com tubo guia direcionado para dentro do sino, que serve para adição de ligas e extração de fumos.

A lança de oxigênio é montada em carro que se movimenta na vertical e permite o giro na horizontal para posição de espera ou de operação. Esta lança é composta por dois tubos concêntricos, com sopro de oxigênio pelo interno e argônio pelo externo.

A taxa de aquecimento normalmente apresenta uma boa eficiência, como pode ser visto na Figura 4, que relaciona a elevação de temperatura como o consumo de alumínio e o tempo de sopro de oxigênio.

Figura 4 - Elevação de temperatura no CAS-OB



Fonte: Refino Secundário dos Aços. Programa de Educação Continuada. ABM (2007)

Rizzo ainda explica que a dessulfuração pode ser realizada através da agitação da escória de topo, com adição de escória sintética no vazamento e injeção de argônio por lança específica com alta vazão ou através da injeção de pó por lança simultâneo com a adição de escória sintética também durante o vazamento do aço.

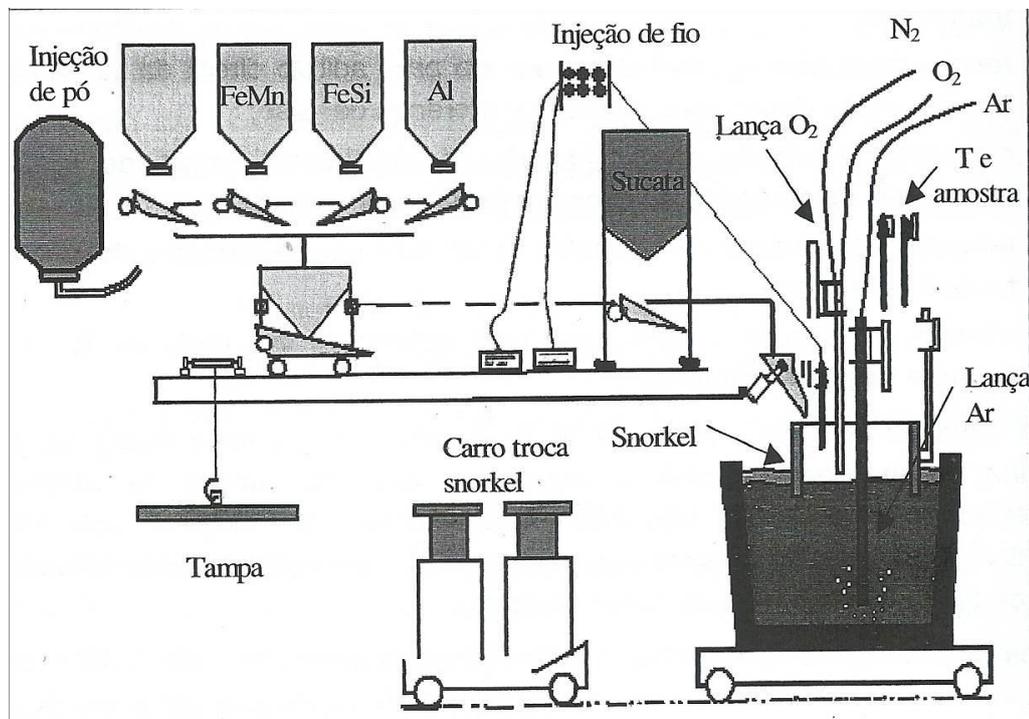
Em resumo o processo CAS-OB é utilizado principalmente para:

- Ajuste fino e homogeneização de composição química;
- Ajuste e homogeneização de temperatura;
- Melhoria da limpidez dos aços;
- Dessulfuração dos aços.

Processo IR-UT

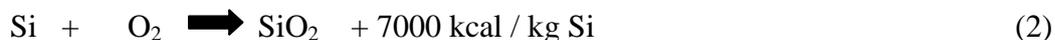
Uma estação completa de refino secundário IR-UT, combina aquecimento químico, ajuste fino de composição química, borbulhamento de gás inerte através de lança, injeção de fio e injeção profunda de pós. A estação completa está ilustrada na Figura 5.

Figura 5 - Esquemática de uma estação completa de refino secundário IR-UT

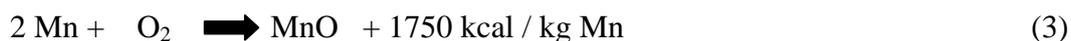


Fonte: Refino Secundário dos Aços. Programa de Educação Continuada. ABM (2007)

Rizzo cita que o aquecimento no processo IR-UT é baseado na reação química exotérmica do alumínio e/ou silício com o oxigênio soprado na superfície do aço. A oxidação desses elementos ocorre de acordo com as seguintes reações:



Em paralelo a essas equações mencionadas acima, ocorre também à combustão do manganês, como segue:



A definição da necessidade e quantidade de aquecimento normalmente é realizada automaticamente por modelos matemáticos computacionais, após cada medição de temperatura do aço na panela.

A operação de aquecimento é feita pela adição de alumínio em aço acalmado ao alumínio e o uso conjugado de alumínio e silício no aço acalmado com alumínio e silício, seguido do sopro de oxigênio. O aquecimento apenas com silício é adotado somente para os casos de aço com alto teor de silício e restrição quanto ao residual de alumínio.

O tratamento é dividido em 3 estágios. No primeiro, o aço líquido é agitado com o borbulhamento de argônio para homogeneizar a composição química, ao fim desta etapa o alumínio é adicionado e ocorre o segundo estágio, quando a temperatura é aumentada em função do sopro de oxigênio através de lança refratária, na superfície do banho, dentro do snorkel. No final, o aço líquido é agitado com argônio para conferir a limpidez do aço.

Os principais componentes de uma estação IR-UT típica são:

- Snorkel: manilha refratária dotada de sistema de içamento, que tem por finalidade, garantir uma região da superfície do aço (interior do snorkel) livre da presença de escória, onde são realizadas todas as operações;
- Lança submersa para agitação do banho metálico: lança de concreto refratário, dotada de múltiplos furos, para injeção de argônio ou nitrogênio;
- Lança para injeção profunda de pós: lança de concreto refratário, dotada normalmente de 2 furos, com linha de injeção independente da linha de homogeneização;
- Lança consumível para sopro de oxigênio na superfície do aço: composta de dois tubos de aço concêntricos e revestida de concreto refratário, com sopro de oxigênio pelo tubo interno e nitrogênio, para resfriamento, pelo tubo externo;

- Sistema de adição de ligas: composto de silos e carro balança;
- Medição de temperatura e coleta de amostra: equipamento automático que garante sempre a mesma profundidade, utilizando como referência a medição do nível do banho metálico, feita com o snorkel, no início do tratamento;
- Resfriamento com sucata: utiliza um silo para adição direta da sucata no aço por efeito vibratório e cálculo por diferença de peso;
- Máquina de injeção de fio: dotado de dois veios, capaz de injeção simultânea ou alternada dos fios, de forma automatizada;
- Tanques pressurizados: compostos de tanques para estocagem de pó e do tanque para injeção;
- Sistema de exaustão: tubo coletor de pó, casa de filtros e controle de pressão interna;

Uma característica do IR-UT é o emprego de snorkel com topo aberto, em oposto ao CAS-OB, em que se utiliza um sino. A justificativa para uso deste tipo de isolador de escória é que:

- A injeção de ligas sob a forma de fios pode ser feita dentro do snorkel, sem contato com a escória;
- As condições operacionais dentro do snorkel, de sopro de oxigênio, borbulhamento de gás, fusão das ligas e erosão refratária do snorkel, podem facilmente ser cheçadas durante o tratamento;
- O quebrador de escória para medição de temperatura e coleta de amostra é eliminado, devido às medições serem realizadas dentro do snorkel, em região isenta de escória;
- Não há necessidade de medição da borda livre da panela;
- O condicionamento interno do snorkel é facilitado;

3.2.2 Forno Panela

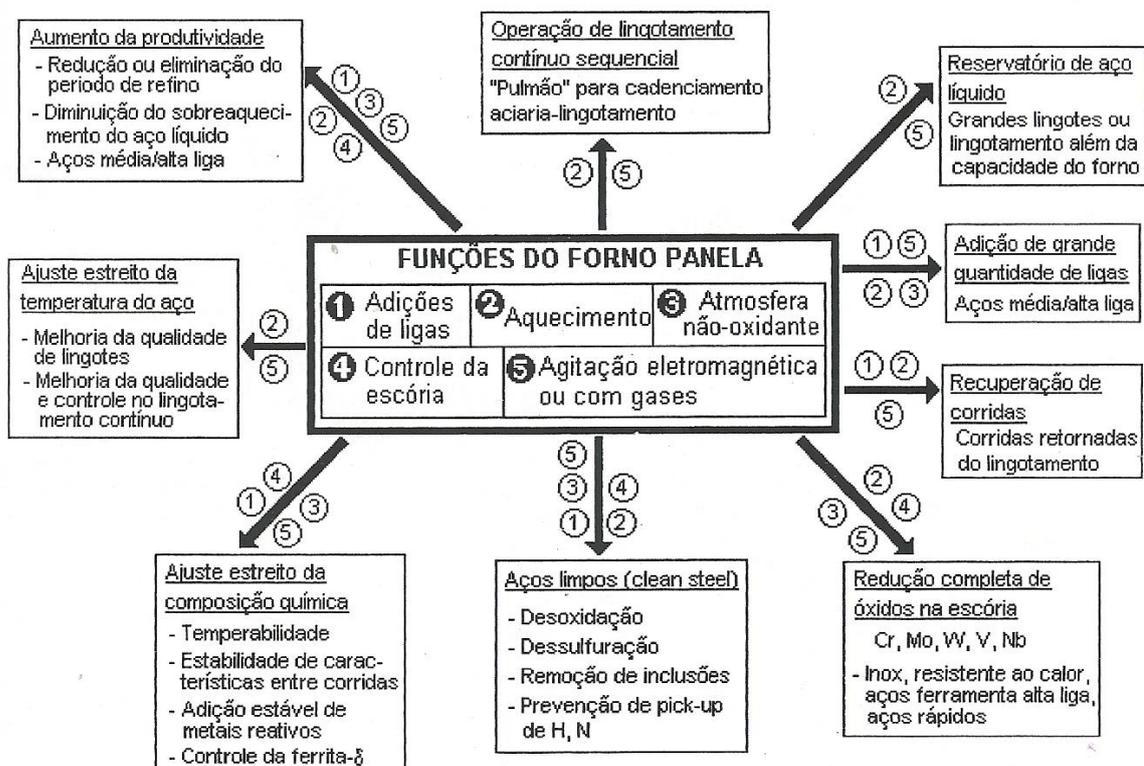
O Forno Panela é a mais popular instalação para refino secundário de aços. O reduzido investimento necessário fez que o Forno Panela se tornasse quase uma instalação obrigatória para a fabricação de aços, pois, além de permitir que grande parte dos processos de refino secundário fossem realizados com maior flexibilidade, liberou as instalações de fusão para se dedicarem apenas a derreter e elaborar o aço bruto com maior eficiência possível. (Introdução à Siderurgia, 2011 - ABM).

Esta estação de refino secundário, por permitir o aquecimento do aço líquido, confere alta flexibilidade a uma aciaria, facilitando de forma significativa, as operações de refino do aço líquido, que são elas:

- Adições de ligas, mesmo em grandes quantidades;
- Troca e controle da escória;
- Controle de morfologia e eliminação de inclusões não metálicas;
- Homogeneização do banho líquido;
- Desoxidação;
- Dessulfuração;
- Em situações de emergência na aciaria, possibilita, também, a retenção de corridas na panela por períodos de várias horas, etc.

Podemos resumir a utilização e funções do Forno-Panela pelo esquema da Figura 6, montado abaixo:

Figura 6 - Funções e utilizações do Forno Panela

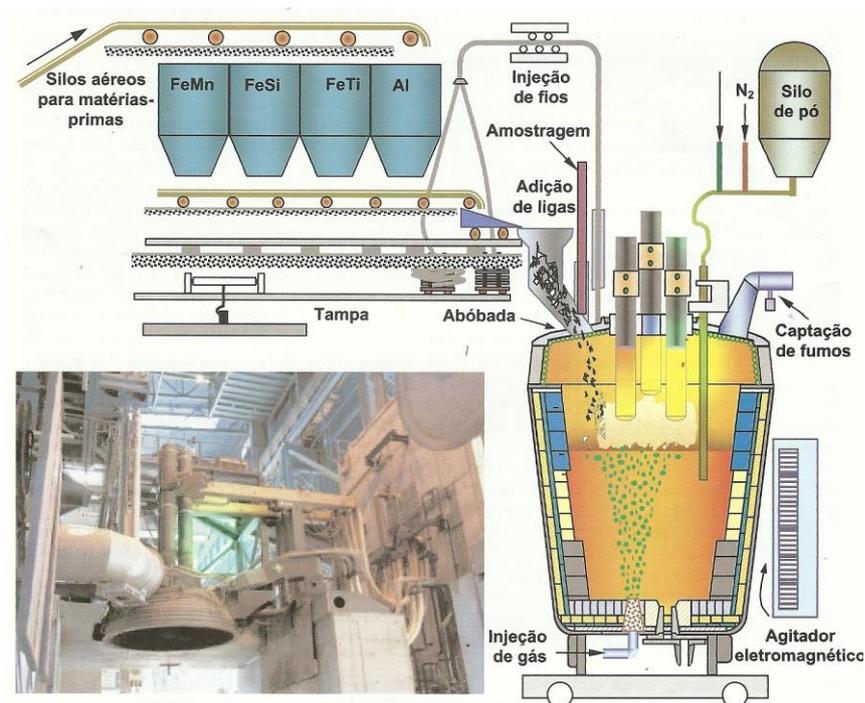


Equipamento

O Forno Panela é um equipamento de múltiplas utilidades para o refino do aço líquido. A sua associação com outros equipamentos, tais como VAD (Vacuum Arc Degassing) ou VD (Vacuum Degassing), injetora de arames, agitação combinada (eletromagnética + borbulhamento com gás), automação, etc., ampliam ainda mais as suas possibilidades. O grande diferencial de vantagem do equipamento está na facilidade de elevação e manutenção da temperatura do metal líquido. Entretanto, o aquecimento é feito pela transmissão de calor do arco elétrico para a escória, superfície e banho metálico.

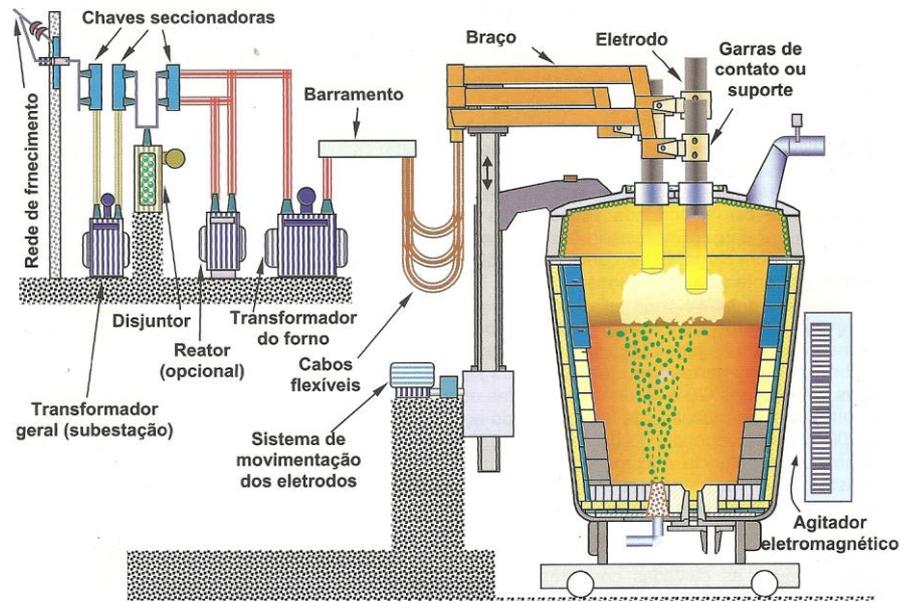
Este equipamento nada mais é que um Forno Elétrico a Arco, cuja carga é o aço líquido em uma panela, cuja origem se deu no refino primário. As Figuras 7 e 8 esquematizam, respectivamente, uma estação de refino secundário Forno-Panela e os seus principais componentes do circuito de alimentação de energia.

Figura 7 - Estação de refino secundário Forno-Panela



Fonte: Rizzo. E.M.S. (2006)

Figura 8 - Principais componentes do circuito de alimentação de energia do Forno-Panela



Fonte: Rizzo. E.M.S. (2006)

Eletrodos

Rizzo explica que a confecção dos eletrodos é feita de grafite e ao se desgastarem podem ser repostos através de emendas realizadas utilizando niples. Devem apresentar uma capacidade de condução de corrente maior para evitar a formação de um arco elétrico longo. Esta é uma das razões que justifica o seu menor diâmetro. São submetidos a menores esforços mecânicos, pois não ocorre a fusão de sucata.

Abóboda

É uma tampa que se posiciona sobre a panela, minimizando as perdas térmicas e a oxidação do banho metálico. Normalmente uma abóboda possui 5 furos na sua parte superior, sendo três para passagem dos eletrodos, uma para adição de ligas e fundentes e o quinto furo, opcional, para coleta de amostras e medição automática de temperatura. Ela possui ainda uma porta lateral para amostragem e medição de temperatura manual, visualização do banho e pequenas adições de ligas.

Panela

Com a intensificação das operações de metalurgia secundária, e principalmente o uso de Forno Panela, este recipiente, além de ter a função de transporte de aço, se tornou um reator metalúrgico, sujeito a grandes solicitações.

3.2.3 Desgaseificador à Vácuo – Tipo RH

Os primeiros processo de desgaseificação à vácuo tiveram origem na década de 50. O Primeiro deles foi o de desgaseificação a jato em 1955, seguindo-se o DH (1956), RH (1959), VD (1960), VOD (Vacuum Oxygen Descarburization) e VAD (1965). Esta denominação característica de cada processo é derivada ou do local ou empresas que os desenvolveram ou de um resumo do processo. Como este trabalho foi desenvolvido no Desgaseificador à Vácuo da CSN, e esta dispõe do processo tipo RH, então será este o processo a ser explorado. (Rizzo. E.M.S. 2006).

O processo RH foi iniciado na matriz da companhia **Ruhrstahl Henrichshutte** em Hattingen visando à redução dos teores de hidrogênio, oxigênio, nitrogênio e carbono. Com este método é possível o tratamento de corridas com elevado peso, o limite superior gira em torno de 400 t. No caso da CSN uma corrida tem uma carga de aproximadamente 230 t. Por este motivo, são aplicados principalmente em usinas siderúrgicas integradas. O uso do vácuo permite uma descarburização com maior eficiência, favorecendo termodinamicamente as reações. Com isso o RH permite a produção de aços com baixíssimos teores de carbono, através da remoção deste elemento na forma do gás CO. Um dos principais aços que são beneficiados por esta redução quase que total de carbono, são os aços direcionados à indústria automotiva que exigem teores de carbono quase que zero.

Rizzo afirma que este processo é caracterizado pela circulação contínua de aço através de um recipiente revestido de refratários, no qual se promove o vácuo. Esta circulação é feita através de dois tubos ou pernas, também denominadas snorkels, que são imersas no banho metálico. O vaso RH é então evacuado. A pressão atmosférica, que atua na superfície da panela, causa a elevação do aço para a altura barométrica de aproximadamente 1,45m.

Em função das características das reações metal líquido-vácuo e da possibilidade de adições de elementos de liga em condições de baixíssimo potencial de oxigênio, as principais classes de aços produzidas no RH são:

- Aços ultra baixo carbono (máximo 0,0035%C ou 35 ppm) com ou sem adições de microligantes, principalmente Ti e Nb;
- Aços bake hardening, consistem principalmente de ferrita contendo um mínimo de carbono (menor que 25 ppm) em solução sólida;
- Aços para fins elétricos com elevados teores de Al (em torno de 0,30%) e Si (~ até 4%);

- Aços baixo carbono com elevados requisitos de limpeza;
- Aços alta resistência e baixa liga (ARBL);

Um dos objetivos da injeção de oxigênio através de lanças posicionadas na parte superior do vaso de tratamento no RH é auxiliar a descaburação. Outras funções importantes deste tipo de acessório são a de fornecimento complementar de calor através de reações exotérmicas do Al (adição controlada efetuada para controle térmico) formando Al_2O_3 e da pós-combustão de CO em CO_2 . No caso da CSN, a tecnologia empregada na lança é a KTB, da Kawasaki Steel Corporation (Kawasaki Top Oxygen Blowing).

O processo RH pode ser utilizado para realizar os seguintes tipos de operações:

- Redução do teor dos gases H e N no aço;
- Redução do teor de carbono no aço;
- Controle da temperatura do aço líquido;
- Ajuste da composição química do aço;
- Desoxidação do aço líquido;
- Dessulfuração do aço líquido;
- Controle da morfologia e remoção de inclusões não metálicas;

Dentre estas operações, destacam-se como principais a desgaseificação do H e N e a descaburação. Considera-se que o objetivo primordial da desgaseificação é produzir um aço líquido com o mínimo possível de gases dissolvidos no banho. O processo RH permite que, através da aplicação de vácuo, ocorra redução do teor de gases para valores abaixo de 2 ppm para hidrogênio e abaixo de 20 ppm para o nitrogênio. Estes são valores indicativos, podendo ser atingido níveis menores com um controle mais rigoroso do processo.

Segundo Rizzo, o processo de desgaseificação à vácuo nos sistemas que realizam a recirculação do aço em um vaso acima da panela de aço líquido, normalmente segue as etapas apresentadas a seguir:

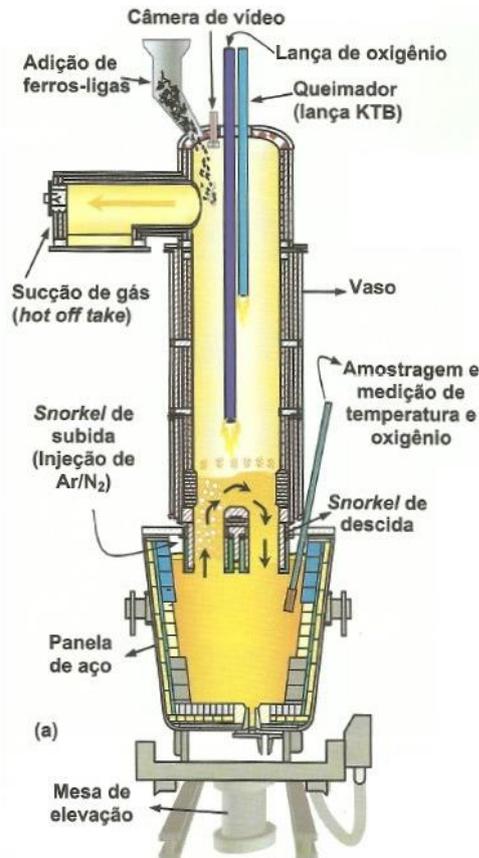
1. A panela de aço líquido é posicionada na estação RH;
2. É realizada a introdução dos snorkels no banho de aço metálico;

3. É promovida a redução de pressão no vaso superior, de tal forma que o banho de aço líquido seja forçado a subir, atingindo uma altura em torno de 1,40 m acima do nível da superfície original;
4. O gás inerte (normalmente utiliza-se argônio) é injetado na parte inferior do primeiro tubo, próximo à superfície de aço na panela; a injeção de gás inerte pode ser iniciada um pouco antes para impedir a obstrução dos bicos de injeção; este tubo é chamado de snorkel de subida, e conseqüentemente o outro de snorkel de descida.
5. O gás injetado sobe e deste modo causa a aceleração do aço líquido no snorkel de subida, além de provocar a redução da densidade do aço líquido, o que auxilia no deslocamento para cima do mesmo;
6. Forçado pelo aumento da temperatura, decréscimo da pressão e pela liberação dos gases do aço na parte superior do tubo, o metal fundido desintegra em pequenas gotas dentro do vaso, retorna para a superfície e desce pela outra perna do snorkel, promovendo o movimento circulatório de metal líquido.

Ao final do processo, feita a medição de composição química e de temperatura, e estas estando dentro da margem pré-estabelecido, à panela é encaminhada para o lingotamento contínuo.

A Figura 9 exemplifica uma representação esquemática da estação de refino secundário do tipo RH.

Figura 9 - Representação esquemática da estação de refino secundário do tipo RH.



Fonte: Rizzo. E.M.S. (2006)

Sistema de imersão das pernas: Vaso Móvel x Panela Móvel

Na CSN, o RH trabalha com um sistema de vaso móvel, o vaso sobe ou desce para proporcionar a imersão e emersão das pernas no aço líquido, porém algumas siderúrgicas trabalham com o sistema de panela móvel, onde o vaso é fixo e é a panela que sobe ou desce. Tratando-se de eficiência industrial, os dois sistemas se equivalem, não havendo grandes diferenças entre tais. Porém, quando se leva em conta as vantagens operacionais, o sistema usado pela CSN tem maior destaque, pois a facilidade principalmente da manutenção, tem destaque. As Figuras 10 e 11 mostram os sistemas de vaso móvel e o sistema de panela móvel, respectivamente.

Figura 10 - Estação do Desgaseificador à Vácuo da CSN



Fonte: Arquivo CSN

Figura 11 - Sistema de panela Móvel



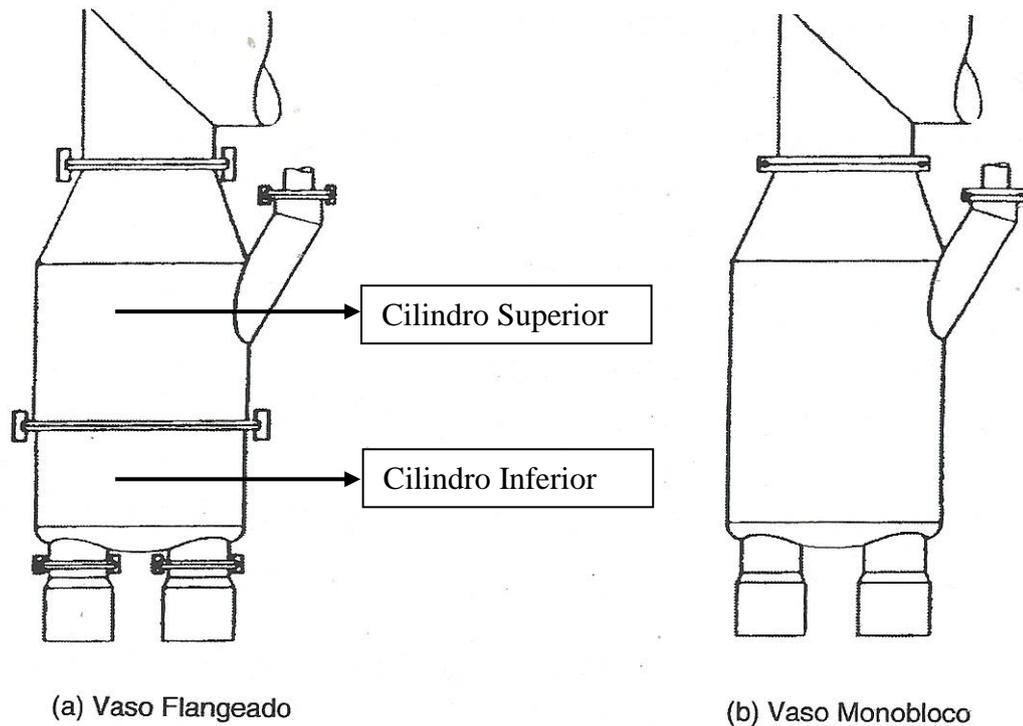
Fonte: Hyundai Steel, South Korea

Vaso Monobloco x Vaso Flangeado

Os vasos do tipo flangeado são divididos em 3 partes, cilindro superior, cilindro inferior e região das pernas, como mostra a Figura 12.(a). Sua desvantagem é caracterizada pela maior possibilidade de ocorrências de vazamento de ar, o que dificulta a consecução de níveis baixos de pressão.

Já o vaso totalmente Monobloco, Figura 12.(b) que é usado nas plantas mais modernas de RH garante uma maior estanqueidade do sistema, o mesmo é utilizado na CSN.

Figura 12 - Tipos de vasos do RH



Fonte: Refino Secundário dos Aços. Programa de Educação Continuada. ABM (2007)

Altura do vaso

O aumento da altura dos vasos ao longo do tempo ocorreu com a tendência de realizar descaburação no RH. Devido à violência da reação de descaburação nos primeiros minutos do tratamento, respingos de aço são lançados a uma altura considerável e, se o vaso for baixo estes respingos atingem com maior frequência a região do duto quente, depositando-se e podendo, com o tempo, restringir seriamente o atingimento de níveis de pressão mais baixas.

Diâmetro do vaso

O diâmetro do vaso deve ser o máximo permitido pela panela, já que as reações no RH são interfaciais e, portanto, uma maior área circular interna do vaso tem influência positiva sobre a cinética das reações.

Tratamento de descaburação

O carbono aumenta a resistência mecânica do aço por formação de solução sólida, por formação de precipitados de carbonetos e carbonitretos e, indiretamente, por

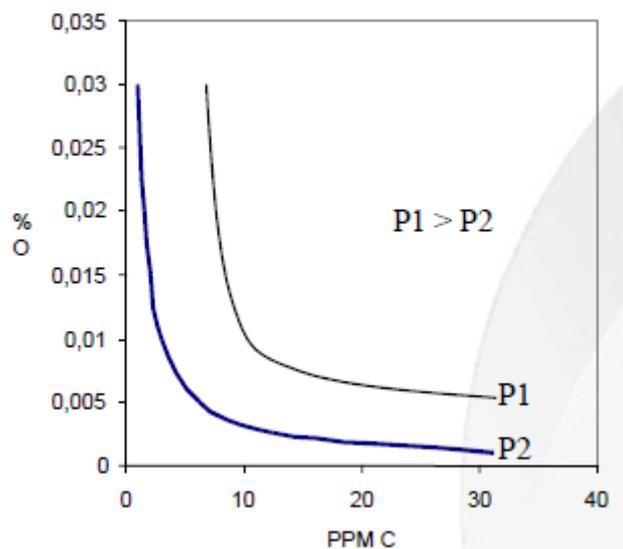
transformação de fase. Assim, nos aços de elevada estampabilidade, como os aços IF, exige-se teores ultra baixos de carbono. O tratamento de descarburização para a produção de aços extra e ultra baixos de carbono ($< 0,0035\%C$) é atualmente a principal aplicação do processo RH.

A equação termodinâmica que rege a descarburização é dada por:



A Figura 13 mostra o equilíbrio entre carbono e oxigênio para pressões de CO distintas, pode-se perceber pelo gráfico que para pressões menores é possível obter teores de C menores que 0,005%C.

Figura 13 - Equilíbrio entre carbono e oxigênio para pressões de CO distintas



Fonte: Refino Secundário dos Aços. Programa de Educação Continuada. ABM (2007)

Tratamento de desidrogenação

Existem vários problemas associados à concentração elevada de hidrogênio dissolvido no aço. O primeiro deles é o aumento da frequência de breakout (perfuração, rompimento de veio) com o aumento de [H]. Imai, reporta que para teores de [H] superiores a 6 ppm ocorre sensível aumento na frequência de breakouts por agarramento. Segundo este, no lingotamento de aço com elevada concentração de [H], forma-se minúsculas bolhas de gás H_2 durante a solidificação do aço sendo parte delas absorvido pelo pó fluxante líquido sobrenadante no molde; a presença destas bolhas favoreceria a precipitação de fluxante cristalino durante a sua solidificação, o que aumentaria a viscosidade do mesmo, reduzindo o

influxo do fluxante entre o molde e a pele solidificada, e conseqüentemente prejudicando a lubrificação.

Um segundo problema associado à presença de [H] nos aços é a formação de porosidade superficiais e sub-superficiais na estrutura bruta de solidificação de semi-acabados. Segundo Susaki, o teor crítico de [H] acima do qual ocorre formação das microporosidades em semi-acabados de lingotamento contínuo é 8 ppm.

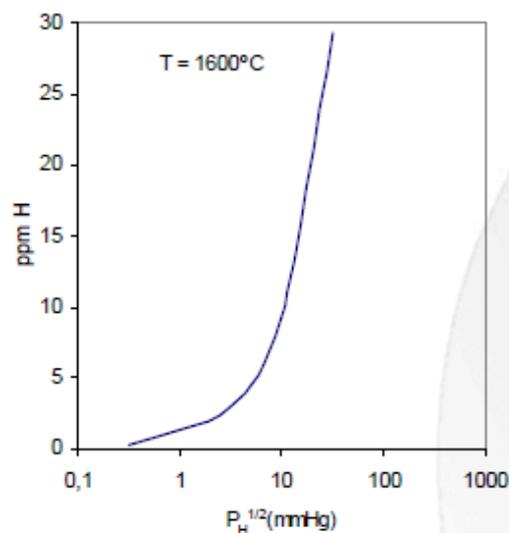
Um terceiro problema é a formação de fendas e inchamento da placa decorrente do aumento de volume dos gases, principalmente hidrogênio, aprisionado no núcleo da placa. Como a solubilidade do hidrogênio na fase sólida é muito baixa, o hidrogênio difunde para as porosidades no núcleo da placa durante o resfriamento e, na fase de reaquecimento que procede a laminação, aumenta de volume e chega a deformar o mesmo, facilitado pela diminuição da resistência do aço às temperaturas usuais de reaquecimento.

O hidrogênio se dissolve automaticamente no aço e a sua remoção é possível mediante a diminuição da pressão, como mostra a Figura 14.

A equação termodinâmica que rege a desidrogenação é dada por:



Figura 14 - Pressão parcial do Hidrogênio x Teor de hidrogênio no aço.



Fonte: Refino Secundário dos Aços. Programa de Educação Continuada. ABM (2007)

Tratamento de desnitração

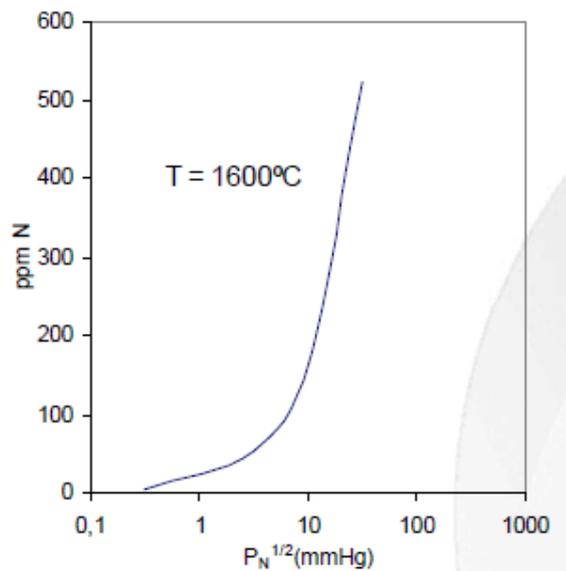
O nitrogênio é um átomo que promove o aumento da resistência do aço por solução sólida. Assim, em aços com elevada exigência de estampabilidade, como os aços IF, restringe-se o teor máximo de N, para cerca de 45 ppm.

A equação termodinâmica que rege a desnitração é dada por:



A Figura 15 mostra o comportamento do teor de N para diferentes pressões.

Figura 15 - Pressão parcial do nitrogênio x teor de nitrogênio no aço.



Fonte: Refino Secundário dos Aços. Programa de Educação Continuada. ABM (2007)

4 MATERIAIS E MÉTODOS

O primeiro passo foi sentar com a equipe da DTIN (Diretoria de Tecnologia da Informática) e definir as diretrizes para criação da ferramenta. Enquanto o software era desenvolvido, em paralelo era realizada a busca por motivos que levavam o RH a não ser utilizado. A busca destes motivos foi de fundamental importância, pois havia a necessidade de fazer todo o mapeamento de tempos e eventos do RH, e com isso buscar melhorias após análise do tempo em que o equipamento fica ocioso. Esses motivos são pré-definidos e totalmente parametrizáveis pela engenharia.

A linguagem computacional utilizada foi a Fortran e as variáveis responsáveis pela comunicação com o software foram entrada e saída de panela e início e fim de vácuo.

O trabalho foi realizado de forma intensa e diária, ouvindo cada operador líder, buscando os possíveis problemas que causam atrasos entre e durante o tratamento de corrida no RH. Muitas corridas foram acompanhadas e quando um novo motivo surgia, logo este era direcionado a equipe de engenharia para avaliação de sua inserção no banco de dados cadastrados.

Já com uma grande parte dos motivos cadastrados e a ferramenta em fase final de conclusão, começou-se a fazer os testes no Púlpito do RH. Sempre com o monitoramento de um membro da equipe, os testes eram acompanhados e as devidas melhorias iam sendo feitas ao longo dos testes.

Os operadores foram devidamente treinados a fazer o preenchimento correto e foram atualizados sobre todos os motivos cadastrados na ferramenta para que o preenchimento se tornasse rápido e eficaz. Além dos operadores do RH, os programadores da Aciaria também foram devidamente treinados a fazer o preenchimento com os motivos por eles relatados, pois eles também devem fazer o preenchimento toda vez que o RH for justificado como DISPONÍVEL.

Tendo a certeza que a ferramenta estava apta para ser implantada, foi realizado um turno de 24 horas onde a equipe se revezava ao lado do operador para identificação de qualquer anomalia da ferramenta ou dúvidas dos operadores. Após o acompanhamento no turno a ferramenta foi implantada e novas melhorias foram realizadas na estética da ferramenta, estando esta completamente finalizada e em perfeito funcionamento.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

O software “Disponibilidade” é composto por dois programas. O “Disponibilidade” que atua durante as movimentações de panela (chegada e saída) e o “Processo” que atua durante o tratamento do aço, ou seja, durante o tempo de evacuação do equipamento.

A panela é levada ao equipamento por meio de um carro panela que se encontra sobre um trilho. O carro panela é dirigido para o equipamento e em um determinado ponto do trilho existe um sensor de movimento que identifica a chegada da panela no equipamento. Esta informação de chegada de panela feita pelo sensor é comunicado e registrado de forma direta e automática no Nível 2. Da mesma forma ocorre quando da retirada da panela do equipamento após o tratamento do aço. O sensor comunica e registra diretamente no Nível 2.

Essa comunicação de chegada e saída de panela são os parâmetros utilizados para a identificação de atrasos decorrentes das trocas de panela, ou seja, o “Disponibilidade”. O tempo aceitável para a saída de uma panela e chegada de uma outra é de 20 minutos. Quando o Nível 2 identifica a saída de uma panela, começa a contagem para a chegada da próxima panela. Após a chegada e registro dessa outra panela no Nível 2, é feita de forma automática pelo software a contagem total da troca de panela. Se, caso a troca seja inferior aos 20 minutos é entendido como uma troca sem atraso, porém se essa troca de panela for superior a 20 minutos, então é aberta uma tela automática (Figura 16) para o operador para que ele possa colocar o motivo do atraso, que pode ser decorrente de vários motivos.

Figura 16 - Tela de Preenchimento do “Disponibilidade”.

The screenshot shows a software window titled "Preenchimento de Indisponibilidades". It contains several input fields: "Hora Inicio" (18/03/2014 07:33), "Hora Fim" (18/03/2014 08:43), "Grupo" (dropdown), and "Motivo" (dropdown). There is a "Tempo a justificar" field set to 70 min and an "Inserir" button. Below this is a section titled "Preenchimento Parcial" with a "Limpar" button. A table with columns "Data Inicial", "Data Final", "Tempo(min)", and "Motivo" is present but empty. At the bottom, there are "Confirmar" and "Fechar" buttons.

Fonte: Software “Disponibilidade”

Como se pode perceber pela Figura 16, a tela aberta automaticamente para a justificativa do atraso é composta pela hora início (saída de panela) e hora fim (chegada de uma nova panela) e o tempo total a ser justificado. Dados de grupo e motivo também devem ser preenchidos de acordo com a natureza real do atraso. Estes grupos e motivos são pré-cadastrados no software pela engenharia e são dispostos por categorias, por exemplo, na Tabela 2:

Tabela 2 - Grupos pré-cadastrados no software “Disponibilidade”.

<i>Grupos</i>	Parada programada operação
	Parada programa manutenção
	Parada de emergência de manutenção elétrica
	Parada de emergência de manutenção mecânica
	Parada de emergência externa

Fonte: Elaborado pelo autor.

Dentro de cada grupo estão contidos motivos condizentes na categoria especificada do grupo, por exemplo, no grupo parada programa operação, na Tabela 3, está listados os motivos que englobam este grupo.

Tabela 3 - Grupo e Motivos pré-cadastrados no software “Disponibilidade”.

<i>Grupo</i>	<i>Motivo</i>
Parada Programada Operação	Adequação de tempo entre liberação e abertura
	Atraso ponte GOS – Atendimento ao RH
	Demolição das pernas
	Deskuling
	Limpeza da plataforma móvel
	Limpeza das pernas

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a inserção do grupo e do motivo condizente com a justificativa do atraso, o operador confirma e a tela é fechada. Com isso se dá por finalizado o preenchimento do “Disponibilidade”

O “Processo” se enquadra em outro programa do software. Ele tem por objetivo identificar os atrasos durante a evacuação, ou seja, durante o tratamento do aço.

Para que o tratamento do aço seja iniciado é necessário que o operador acione o comando de início de vácuo no Nível 1, essa informação é transmitida diretamente para o Nível 2, onde funcionará como uma variável no software para identificação do início de vácuo. Após o término do tratamento do aço o operador acionará o comando de fim de vácuo no Nível 1 e em comunicação com o Nível 2 a informação é repassada para o software. Estas variáveis são as responsáveis pela medição de atrasos do “Processo”.

Existe um tempo padrão de tratamento (Tempo de evacuação) para cada tipo de aço, então o software identifica qual o tipo de aço a ser tratado e qual o seu tempo padrão de tratamento, e é acrescentada uma tolerância de 2 minutos a este tempo em virtude de possíveis atrasos inerentes ao processo e que não são relevantes o seu registro. Por exemplo, o tratamento de um aço 2710 especificado na Tabela 4.

Tabela 4 - Exemplo de um tratamento de um aço 2710.

Aço 2710	
Tempo padrão de tratamento	X minutos
Tolerância	2 minutos

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após o tratamento do aço, e finalização da evacuação o software analisa o tempo total gasto na evacuação e se este tempo for superior a $(X+2)$ minutos, é aberta uma tela automática no Nível 2 (Figura 17) para o operador fazer a justificativa do atraso.

Figura 17 - Tela de Preenchimento do “Processo”.

The screenshot shows a software window titled "Preenchimento das Indisponibilidades do Processo". The interface is light yellow and contains the following elements:

- Corrida:** A text box containing the value "4A2431".
- Grupo :** A dropdown menu.
- Tempo de Vácuo Real :** A text box containing the value "27.73".
- Motivo :** A dropdown menu.
- Tempo de Vácuo Padrão:** A text box containing the value "25".
- Diferença:** A text box containing the value "2.73".
- Confirmar:** A button with a checkmark icon and the text "Confirmar".

Fonte: Software “Disponibilidade”

Percebe-se que as informações de corrida, tempo total de vácuo, tempo de vácuo padrão e a diferença são lidas na tela de forma automática. E o preenchimento é feito de forma análoga ao “Disponibilidade” onde é contido grupos e motivos condizentes agora com o “Processo”, portando diferentes dos “Disponibilidade”.

Histórico e interface gráfica

O software dispõe de um histórico de todos os eventos realizados no RH da CSN, bastando apenas que seja selecionado o período de interesse a ser consultado. Os históricos do “Disponibilidade” e do “Processo” são independentes, como mostra as Figuras 18 e 19.

Figura 18 - Tela do histórico de eventos do “Disponibilidade”.

Consumo de Gusa Coordenação Processo Situação dos Equipamentos Especificações Correio Resultados Análise Disponibilidade

CSN **Histórico de Eventos de Disponibilidade RH** **PROCOM ACIARIA** 11/03/2015 08:19:03

Mais Telas Metalurgia Painela Modelo Coordena Processo RH Processo FP

de: 11/02/2015 até: 11/02/2015

Legenda
 Justificativa Ativador Em Tratamento
 Justificativa Operador RH Painela em Movimentação

Todos os Eventos | Eventos Justificados | Eventos a Justificar | Exportar

DATA INICIAL	DATA FINAL	TEMPO (min)	MOTIVO	NUMERO CORRIDA	GRAU
11/02/2015 00:00:00	11/02/2015 00:21:00	21	Tratamento da painela no RH	5A0817	2280
11/02/2015 00:21:00	11/02/2015 00:28:00	7	Movimentacao da painela no RH		
11/02/2015 00:28:00	11/02/2015 00:34:00	6	Movimentacao da painela no RH		
11/02/2015 00:34:00	11/02/2015 01:35:00	61	Tratamento da painela no RH	5A0818	2280
11/02/2015 01:35:00	11/02/2015 01:45:00	10	Movimentacao da painela no RH		
11/02/2015 01:45:00	11/02/2015 03:00:00	75	Projeção das pernas		
11/02/2015 03:00:00	11/02/2015 05:29:00	149	Falta de escoamento		
11/02/2015 05:29:00	11/02/2015 05:39:00	10	Movimentacao da painela no RH		
11/02/2015 05:39:00	11/02/2015 06:35:00	56	Tratamento da painela no RH	5C0631	2610
11/02/2015 06:35:00	11/02/2015 06:40:00	5	Movimentacao da painela no RH		
11/02/2015 06:40:00	11/02/2015 06:46:00	6	Movimentacao da painela no RH		
11/02/2015 06:46:00	11/02/2015 07:13:00	27	Tratamento da painela no RH	5A0826	2610
11/02/2015 07:13:00	11/02/2015 07:23:00	10	Movimentacao da painela no RH		
11/02/2015 07:23:00	11/02/2015 09:25:00	122	Falta de gusa		
11/02/2015 09:25:00	11/02/2015 09:35:00	10	Movimentacao da painela no RH		
11/02/2015 09:35:00	11/02/2015 10:50:00	75	Tratamento da painela no RH	5A0830	2710
11/02/2015 10:50:00	11/02/2015 11:00:00	10	Movimentacao da painela no RH		
11/02/2015 11:00:00	11/02/2015 13:18:00	138	Falta de escoamento		
11/02/2015 13:18:00	11/02/2015 13:28:00	10	Movimentacao da painela no RH		
11/02/2015 13:28:00	11/02/2015 13:51:00	23	Tratamento da painela no RH	5A0835	2680
11/02/2015 13:51:00	11/02/2015 14:00:00	9	Movimentacao da painela no RH		
11/02/2015 14:00:00	11/02/2015 14:09:00	9	Movimentacao da painela no RH		
11/02/2015 14:09:00	11/02/2015 14:32:00	23	Tratamento da painela no RH	5C0642	2680

RH

Fonte: Software “Disponibilidade”

Figura 19 - Tela do histórico de eventos do “Processo”.

Consumo de Gusa Coordenação Processo Situação dos Equipamentos Especificações Correio Resultados Análise Disponibilidade

CSN **Histórico de Eventos de Processo RH** **PROCOM ACIARIA** 11/03/2015 08:17:33

Mais Telas Metalurgia Painela Modelo Coordena Processo RH Processo FP

de: 11/02/2015 até: 11/02/2015

Legenda
 Sem Atraso
 Com Atraso

Todos os Eventos | Eventos Justificados | Eventos a Justificar | Exportar

CORRIDA		HORA VÁCUO		TEMPO DE VÁCUO				ATRASSO
NUMERO	GRAU	INICIO	FIM	REAL	PREVISTA	TOLERÂNCIA	DIFERENÇA	MOTIVO ATRASO
5A0817	2280	10/02/2015 23:54:52	11/02/2015 00:15:18	20.43	22	2	-3.57	Sem atraso
5A0818	2280	11/02/2015 00:34:49	11/02/2015 01:30:43	55.89	22	2	31.89	Recuperação de Corrida
5C0631	2610	11/02/2015 05:39:36	11/02/2015 06:29:23	49.78	22	2	25.78	Recuperação de Corrida
5A0826	2610	11/02/2015 06:46:01	11/02/2015 07:05:00	18.98	22	2	-5.02	Sem atraso
5A0830	2710	11/02/2015 09:35:53	11/02/2015 09:58:53	22.99	22	2	-1.01	Sem atraso
5A0835	2680	11/02/2015 13:28:55	11/02/2015 13:47:38	18.71	22	2	-5.29	Sem atraso
5C0642	2680	11/02/2015 14:09:45	11/02/2015 14:28:00	18.24	22	2	-5.76	Sem atraso
5C0643	2710	11/02/2015 15:06:11	11/02/2015 15:27:59	21.80	22	2	-2.20	Sem atraso
5C0644	2280	11/02/2015 15:52:08	11/02/2015 16:17:24	25.26	22	2	1.26	Corrida Fria
5C0645	2280	11/02/2015 16:33:46	11/02/2015 16:53:00	19.23	22	2	-4.77	Sem atraso
5C0646	2280	11/02/2015 17:09:55	11/02/2015 17:41:09	31.23	22	2	7.23	Corrida Fria
5C0647	2280	11/02/2015 17:58:09	11/02/2015 18:22:04	23.91	22	2	-0.09	Sem atraso

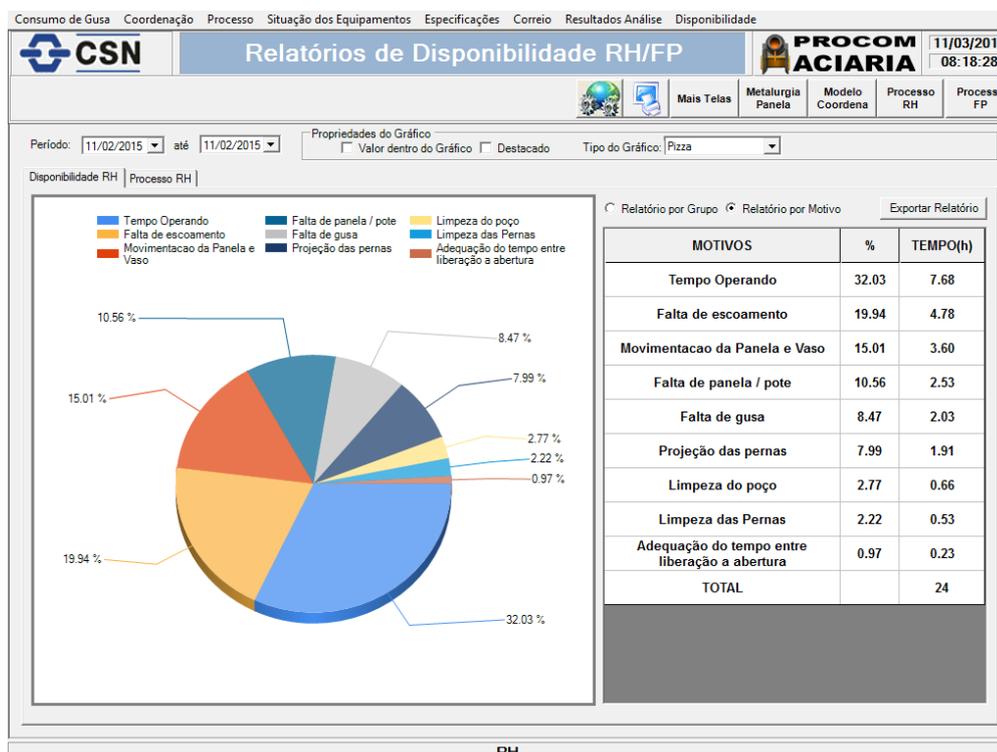
RH

Fonte: Software “Disponibilidade”

Na Figura 18, são listados os eventos do dia de interesse. Percebe-se que estes eventos são diferenciados por cores, como mostra a legenda do “Disponibilidade”. A movimentação de panela é caracterizada pela cor azul, quando essa movimentação de panela apresenta atraso, um evento em vermelho aparece entre as movimentações de panela com a justificativa preenchida pelo operador na tela automática. Quando esse atraso aparece na cor amarela, significa que o preenchimento não foi feito pelo operador do RH, e sim, pelo programador de corridas da aciaria. Toda vez que o programador de corridas da aciaria fizer o preenchimento é devido uma tela automática que aparece para ele em decorrência do equipamento do RH estar disponível para tratamento de corridas, e por alguma razão nenhuma programação foi direcionada ao equipamento. Para isso, o operador de RH possui um motivo designado “Disponível” indicando esse fato, que gera a tela automática para o programador de corridas da aciaria. No “Processo” (Figura 19) os eventos em verde caracterizam-se pelo não atraso durante o tratamento e os eventos em vermelhos indicam atrasos.

Além do histórico, a ferramenta é composta também por uma interface gráfica bastante interativa que mostra os eventos justificados, tanto para o “Disponibilidade” quanto para o “Processo” no período desejado.

Figura 20 - Tela do relatório do “Disponibilidade”.



Fonte: Software “Disponibilidade”

Utilizando o histórico e a interface gráfica do software é possível analisar em um determinado período desejado quais foram os atrasos anormais que o RH da CSN sofreu e que por conta disso o equipamento ficou impossibilitado de operar.

Atrasos devido a motivos necessários ao equipamento não são levados em consideração em um possível ganho de produção, visto que são necessários para a continuidade do funcionamento do equipamento. Por exemplo: Tempo operando, movimentação de panela, manutenções preventiva, programada e elétrica, limpeza, demolição e projeção de pernas, troca de vaso, deskulling, entre outros.

Figura 21 - Ganho estimado em número de corridas..

Ganho Estimado em Número de Corridas

1. Quantidade de horas em que o equipamento ficou parado em um determinado período;
(“Disponibilidade” + “Processo”);
2. Tempo total gasto para a conclusão de 1 corrida;
(Tempo de Evacuação + Tempo de troca de panela);
3. Objetivar uma porcentagem de redução das horas em que o equipamento ficou parado no período;
4. Calcular o ganho de horas no período em decorrência da redução;
5. A quantidade de corridas ganhas no período é encontrada relacionando o tempo ganho com a redução objetivada e tempo total gasto para a conclusão de 1 corrida.

$$\text{Número de Corridas} = \frac{\text{Ganho de horas no período}}{\text{Tempo total gasto 1 corrida}}$$

Fonte: Elaborado pelo autor.

6 CONCLUSÃO

O “Disponibilidade” é a primeira ferramenta instalada no refino secundário de aços da CSN capaz de monitorar o real tempo de operação de um equipamento. Esta ferramenta foi escolhida para ser instalada primeiramente no RH devido a sua importância na fabricação de aços voltados a indústria automotiva e que geram maiores margens de lucratividade para a empresa. Além de registrar o real tempo de operação do RH, foi possível identificar os atrasos antes e durante o tratamento de corridas e os motivos da não utilização

do equipamento. Todas as informações de atrasos, tempo de operação e tempo ocioso do RH podem ser visualizados via interface gráfica em qualquer período desejado.

Com a implantação do “Disponibilidade” e a análise dos dados fornecidos pelo software é possível identificar e quantificar os problemas crônicos que impedem uma melhor performance do equipamento permitindo que ações de melhoria/bloqueio sejam implantadas. Feitas essas melhorias, certamente haverá um ganho na produção de aço que será convertida em ganho financeiro para a empresa.

REFERÊNCIAS

Aços Microligados ARBL. Disponível em: <<http://www.pmt.usp.br/pmt2402/ARBL.pdf>>
Acesso em: 02 jun. 2015.

ARAUJO, L. A. (2005). Manual de Siderurgia – Vol 1 – Produção, Editora Arte e Ciência, São Paulo.

BAOSTEEL ENGINEERING & TECHNOLOGY GROUP CO.,LTD – Refining. Disponível em: <<http://bsee.baosteel.com/english/tech2.htm> > Acesso em: 17 mai. 2015.

BRADASCHIA, C. (ed). Siderurgia para não-siderurgistas. São Paulo: ABM, 1996. [Apostila]

IMAI, T. et alii. The effect of high-hydrogen content steel on CC operation and countermeasures in the K-BOP process. IN 13th CONFERENCE OF OBM/Q-BOP, OCT, 1986, Rottach-Egern

Instituto Aço Brasil. Disponível em:
<<http://www.acobrasil.org.br/site/portugues/instituto/associadas--csn.asp>>. Acesso em: 02 jun. 2015.

MOURÃO, M. B. (2011). Introdução à Siderurgia. São Paulo: ABM.

MUSETTI, A., VON HERTWIG, I.O. Recentes Desenvolvimentos do Refino e Desgaseificação sob Vácuo. Metalurgia-ABM, vol 29, n° 190, Setembro 1973.
Paulo: ABM.

R.J. FRUEHAN. – Vacuum Degassing of Steel; Iron & Steel Society of AIME, 1990.

RIBEIRO, D.B. Refino Secundário dos Aços. Programa de Educação Continuada. ABM, 2007.

RIZZO. E.M.S. (2006). Introdução aos Processos de Refino Secundário dos Aços. São Paulo

SICKERT, A. Vacuum degassing of steel. Iron and Steel Institute Special Report. n° 92, London, 1965.

SUSAKI, K. et alii. Evolução dos processos de refino e lingotamento de aços microligados tratados com CaSi na CSN: controle de inclusões e porosidades. In XXXVI SEMINÁRIO DE FUSÃO, REFINO E SOLIDIFICAÇÃO DOS METAIS, maio 2005, Vitória; ABM, 2005, 0.420-429

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ. Biblioteca Universitária. Guia de normalização de trabalhos acadêmicos da Universidade Federal do Ceará. Fortaleza, 2013