

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

Carlos Filippe de Sousa Moraes<sup>1</sup>

Rodrigo da Silva Magalhães<sup>2</sup>

Antônio Augusto Martins<sup>3</sup>

Matheus Sexto Alexandre Pereira<sup>4</sup>

Thiago Aranha da Silva<sup>5</sup>

Jeferson Leandro Klug<sup>6</sup>

## Resumo

O software desenvolvido tem como objetivo, mapear o real tempo de operação do RH da Companhia Siderúrgica Nacional - CSN, identificando os atrasos antes e durante o tratamento de um aço no equipamento. Para isso 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 mostram 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.

## TOOL DEPLOYMENT "AVAILABILITY" IN THE DEGASSER VACUUM OF CSN

### Abstract

A software program was developed to control the period of time necessary for operation for the RH process in Companhia Siderúrgica Nacional (CSN). Aim is to identify delay reasons for the process. For doing that, a window is opened by the software program; steelmakers in this way can register the reasons related to delay, which can happen during ladle change or during steel processing. Through a graphical interface it is possible to perform actions to improve productivity.

**Keywords:** RH; Steel; Ladle metallurgy.

<sup>1</sup> Graduando, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.

<sup>2</sup> Metalurgia, Engenheiro Metalúrgico, Engenheiro de Desenvolvimento, Gerência de Processos da Metalurgia, Companhia Siderúrgica Nacional, Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>3</sup> Metalurgia, Engenheiro Metalúrgico, Coordenador de Projetos Especiais, Gerência Geral de Processos Siderúrgicos, Gerência de Processos Metalúrgicos, Companhia Siderúrgica Nacional, Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>4</sup> Bacharel em Tecnologia da Informação, Analista de Tecnologia de Automação, Gerência Geral de Engenharia, Companhia Siderúrgica Nacional, Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>5</sup> Bacharel em Tecnologia da Informação, Analista de Tecnologia de Automação, Gerência Geral de Engenharia, Companhia Siderúrgica Nacional, Volta Redonda, Rio de Janeiro, Brasil.

<sup>6</sup> Engenheiro Metalúrgico, Doktor-Ingenieur, Professor Adjunto, Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, Brasil.

## 1 INTRODUÇÃO

Este trabalho tem como objetivo a apresentação da ferramenta “Disponibilidade”, implantada na Companhia Siderúrgica Nacional – CSN. Com o relatório gerado por esta ferramenta será possível identificar problemas crônicos que impedem uma melhor performance do equipamento, gerando ganhos na produção bastante significativos.

### 1.1 Desgaseificação a Vácuo

O processo RH é um dos processos de refino secundário, e 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 denominados 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 1,45 m, como é ilustrado na figura 1 [1].

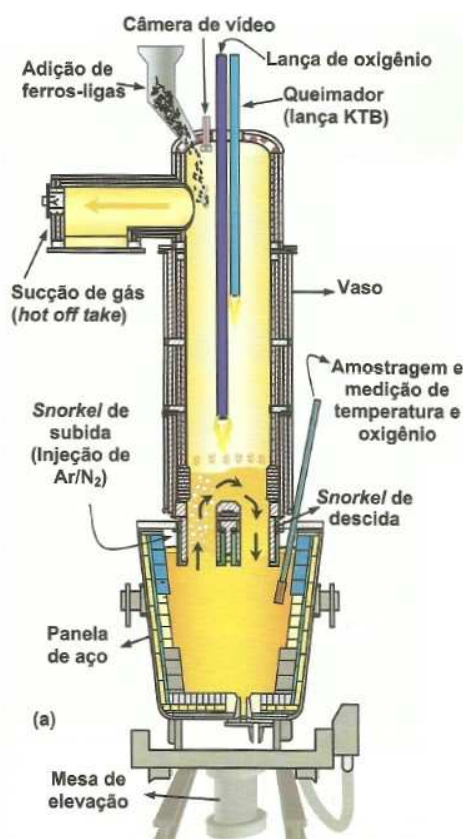


Figura 1. Representação esquemática da estação de refino secundário do tipo RH.

Um dos objetivos da injeção de oxigênio através de lanças posicionadas na parte superior do vaso de tratamento no RH é auxiliar a descarburização. 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 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.

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:

- a panela de aço líquido é posicionada na estação RH;
- é realizada a introdução dos snorkels no banho de aço metálico;
- 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;
- 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.
- 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;
- 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.

## 2 MATERIAIS E MÉTODOS

A ferramenta desenvolvida, “Disponibilidade”, tem como objetivo mapear dentro do tempo calendário o real tempo de utilização do Desgaseificador a Vácuo RH da CSN. O software foi implantado no sistema de Nível 2 do equipamento e tem como base os eventos enviados pelo Nível 1. O software reconhece de forma automática o início e fim do tratamento das corridas no RH (comando executado pelo operador no nível 1) e as movimentações do carro panela (sensor instalado na entrada do trilho do equipamento por onde passa a panela). Quando uma corrida é iniciada no RH verifica-se o tempo decorrido desde o último tratamento e, caso esse tempo seja superior ao considerado aceitável (20 minutos), é aberta uma tela automática no Modelo de Nível 2 onde o operador deve justificar o motivo do equipamento não

estar operando. Os motivos são pré-definidos no software, podendo ser incluídos, retirados ou modificados a qualquer momento. Uma outra funcionalidade do software é verificar se os tempos padrão de tratamento para cada tipo de aço estão sendo seguidos. Qualquer atraso que exceda o tempo de processo do grau de aço deve ser justificado pelo operador também através de motivos pré-cadastrados. Dessa maneira consegue-se mapear de forma precisa o real tempo de operação do RH, os atrasos durante o tratamento da corrida e os motivos de sua não utilização. Os resultados podem ser visualizados via interface gráfica em qualquer período desejado. Através dos dados é possível identificar e quantificar os problemas crônicos que impedem uma melhor performance do equipamento permitindo que ações de melhoria/bloqueio sejam implantadas.

### 3 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 2) para o operador para que ele possa colocar o motivo do atraso, que pode ser decorrente de vários motivos.



Data Inicial	Data Final	Tempo(min)	Motivo
--------------	------------	------------	--------

Figura 2. Tela de preenchimento do “Disponibilidade”.

Como se pode perceber, a tela aberta automaticamente para a justificativa do atraso é composto 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:

- Grupos:
  - Parada programa operação
  - Parada programa manutenção
  - Parada de emergência de manutenção elétrica
  - Parada de emergência de manutenção mecânica
  - Parada de emergência externa

Dentro de cada grupo haverá motivos condizentes na categoria especificada do grupo, por exemplo, no grupo parada programa operação:

- Motivos:
  - Adequação de tempo entre liberação e abertura
  - Atraso ponte GOS – Atendimento ao RH
  - Demolição das pernas
  - Deskuling
  - Limpeza da plataforma móvel
  - Limpeza das pernas

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 mediação 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:

- Aço 2710
  - Tempo padrão de tratamento: X minutos
  - Tolerância: 2 minutos

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 3) para o operador fazer a justificativa do atraso.

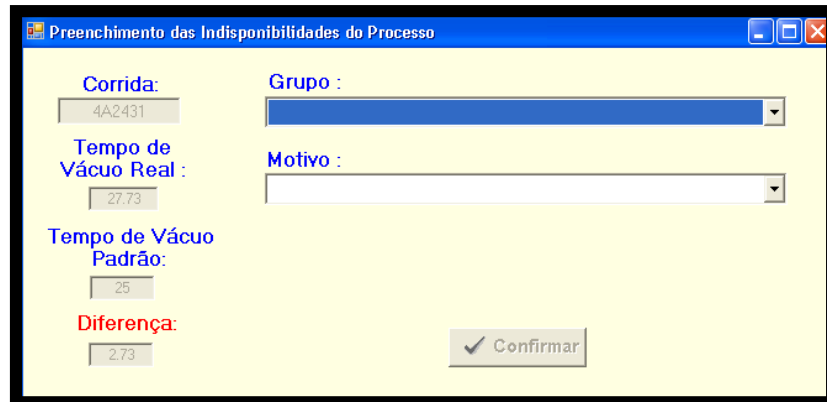
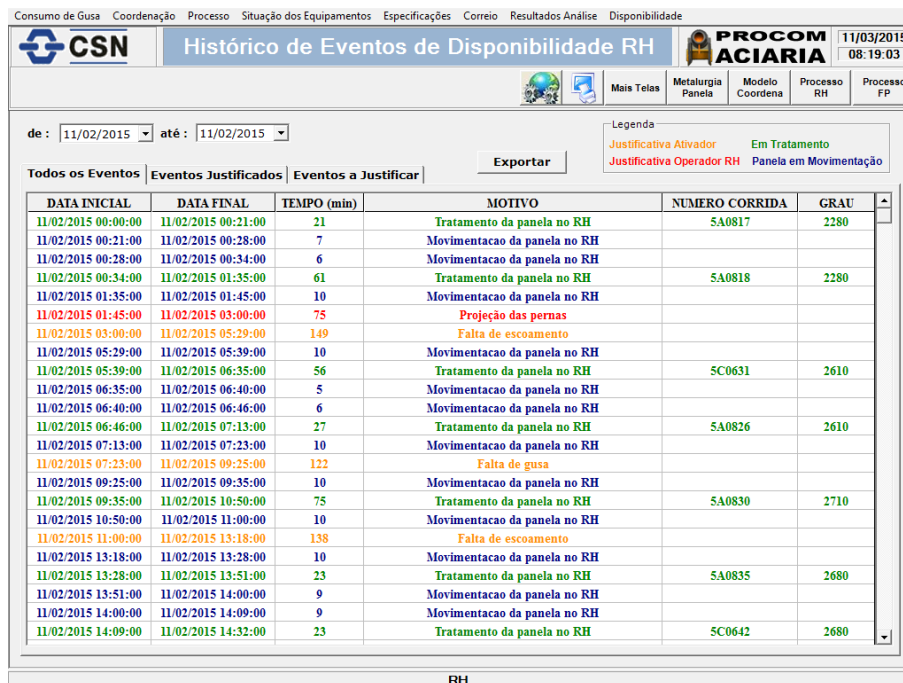


Figura 3. Tela de preenchimento do “Processo”.

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”.

### 3.1 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 4 e 5.



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 panela no RH	5A0817	2280
11/02/2015 00:21:00	11/02/2015 00:28:00	7	Movimentacao da panela no RH		
11/02/2015 00:28:00	11/02/2015 00:34:00	6	Movimentacao da panela no RH		
11/02/2015 00:34:00	11/02/2015 01:35:00	61	Tratamento da panela no RH	5A0818	2280
11/02/2015 01:35:00	11/02/2015 01:45:00	10	Movimentacao da panela 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 panela no RH		
11/02/2015 05:39:00	11/02/2015 06:35:00	56	Tratamento da panela no RH	5C0631	2610
11/02/2015 06:35:00	11/02/2015 06:40:00	5	Movimentacao da panela no RH		
11/02/2015 06:40:00	11/02/2015 06:46:00	6	Movimentacao da panela no RH		
11/02/2015 06:46:00	11/02/2015 07:13:00	27	Tratamento da panela no RH	5A0826	2610
11/02/2015 07:13:00	11/02/2015 07:23:00	10	Movimentacao da panela 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 panela no RH		
11/02/2015 09:35:00	11/02/2015 10:50:00	75	Tratamento da panela no RH	5A0830	2710
11/02/2015 10:50:00	11/02/2015 11:00:00	10	Movimentacao da panela 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 panela no RH		
11/02/2015 13:28:00	11/02/2015 13:51:00	23	Tratamento da panela no RH	5A0835	2680
11/02/2015 13:51:00	11/02/2015 14:00:00	9	Movimentacao da panela no RH		
11/02/2015 14:00:00	11/02/2015 14:09:00	9	Movimentacao da panela no RH		
11/02/2015 14:09:00	11/02/2015 14:32:00	23	Tratamento da panela no RH	5C0642	2680

Figura 4. 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 Processo RH** **PROCOM ACIARIA** 11/03/2015 08:17:33

de: 11/02/2015 até: 11/02/2015

Exportar

Legenda  
Sem Atraso  
Com Atraso

Todos os Eventos | Eventos Justificados | Eventos a Justificar

CORRIDA		HORA VÁCUO		TEMPO DE VÁCUO				ATRASO
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

Figura 5. Tela do histórico de eventos do “Processo”.

Na figura 4, 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 5) 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.

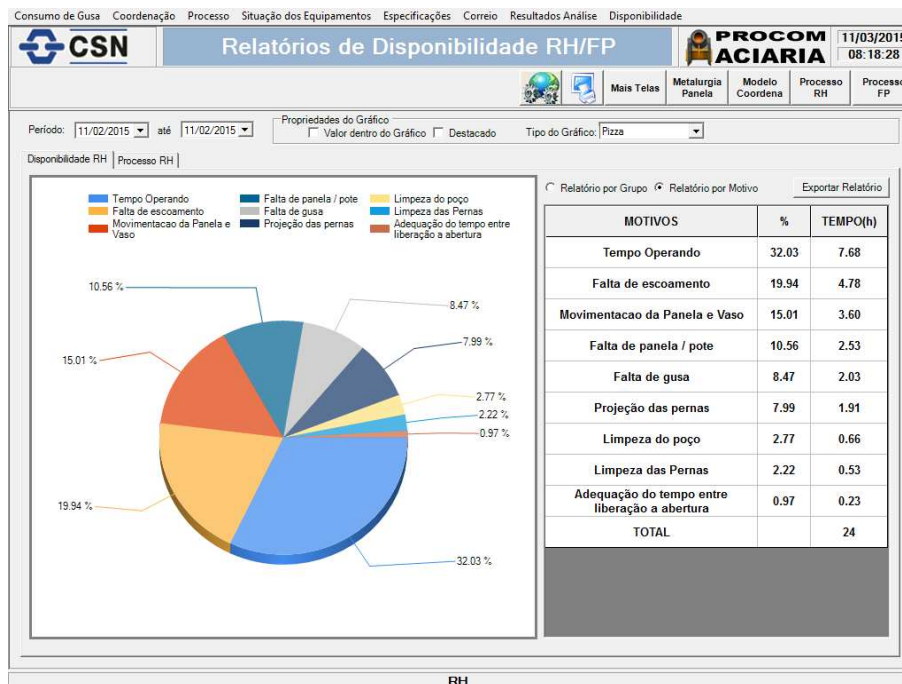


Figura 6. Tela do relatório do “Disponibilidade”.

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.

## 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.

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

Figura 7. Ganho estimado em número de corridas.



## 4 CONCLUSÃO

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 irá haver um ganho na produção de aço que será convertida em ganho financeiro para a empresa.

## Agradecimentos

Agradeço a CSN, que me possibilitou a participação neste projeto e a enriquecer o meu conhecimento teórico através da vivência prática em uma indústria de grande porte. A equipe de operadores do RH da CSN pela compreensão e participação efetiva para o sucesso da implantação do “Disponibilidade”. Ao Rodrigo, Augusto, Thiago e Matheus pela confiança e os valiosos conhecimentos repassados durante o período de vivência na CSN. Ao professor Jeferson pelo conhecimento teórico repassado e a ajuda na construção deste trabalho descritivo.

## REFERÊNCIAS

- 1 Rizzo, Ernandes Marcos da Silveira. Introdução aos Processos de Refino Secundário dos Aços. São Paulo. ABM; 2006.