

# UTILIZAÇÃO DA METODOLOGIA DE CONTROLE DE PROCESSOS POR ATRIBUTOS NO DESCAREPADOR DA LINHA LEVE DA ARCELORMITTAL CARIACICA<sup>1</sup>

Luciana Vilarinho Ramos<sup>2</sup>  
 Jéveson Batista dos Santos<sup>3</sup>  
 Marco Aurélio Silva<sup>4</sup>  
 Rodrigo Luiz Gobbi do Nascimento<sup>5</sup>  
 Sérgio dos Anjos Oliveira<sup>6</sup>  
 Manoel Martins Neto<sup>7</sup>

## Resumo

Objetivo deste trabalho é apresentar o desenvolvimento da metodologia do controle de processo por atributos (CPA) no descarepador da laminação da Linha Leve da ArcelorMittal Cariacica. Com a implantação do CPA no descarepador foi possível reduzir o índice de rejeito em barra chata mola por incrustação de carepa para praticamente zero, com 90% de redução em relação a 2009. Algumas melhorias no processo de laminação também puderam ser implementadas, após a garantia do adequado funcionamento do descarepador. Além disso, outros ganhos foram proporcionados com a implementação desta prática, como: redução de variabilidade do processo de descarepação, garantia da estabilidade dos resultados, e o aprendizado de uma nova metodologia tendo em vista a busca pela melhoria contínua.

**Palavras-chave:** Metodologia; Controle; Atributos; Descarepador.

## THE USE OF PROCESS CONTROL FOR ATTRIBUTES AT ARCELORMITTAL CARIACICA LIGHT SECTION MILL DESCALING SYSTEM

### Abstract

The purpose of this paper is to present the development of the Process Control for Attributes methodology (CPA) at the light section mill descaling system. After the use of the CPA Methodology in descaling it was possible to reduce the defect rate in flat bar for leaf spring by scale incrustation, close to zero, with 90% reduction compared to 2009. Some improvements in the rolling process could also be implemented, after ensuring that the descaling was operating properly. In addition, other gains were provided by CPA methodology implementing, such as: process variability reduction, ensuring the results stability and the learning of a new methodology focusing on continuous improvement.

**Key words:** Methodology; Control; Attributes; Descaling.

<sup>1</sup> Contribuição técnica ao 49º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 22 a 25 de outubro de 2012, Vila Velha, ES, Brasil

<sup>2</sup> Engenheira de Processo e Produto. ArcelorMittal Cariacica.

<sup>3</sup> Especialista de Produto. ArcelorMittal Cariacica.

<sup>4</sup> Gerente de Engenharia de Manutenção. ArcelorMittal Cariacica.

<sup>5</sup> Técnico de Processo. ArcelorMittal Cariacica.

<sup>6</sup> Supervisor de Manutenção Mecânica. ArcelorMittal Cariacica.

<sup>7</sup> Consultor. ArcelorMittal Aços Longos Américas.

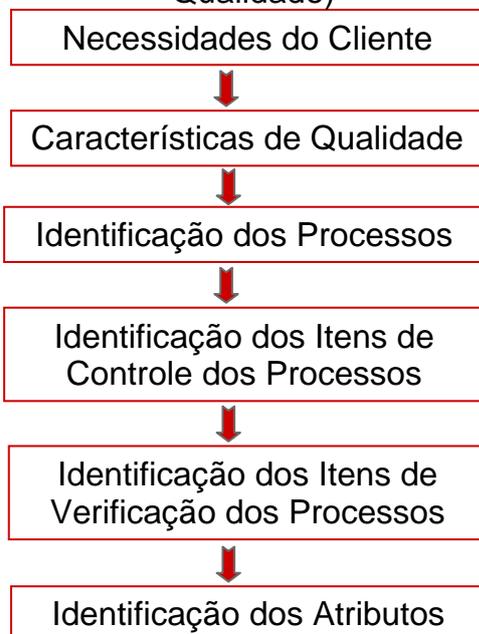
## 1 INTRODUÇÃO

O controle de processo é uma ferramenta bastante útil quando se deseja reduzir os índices internos de rejeitos, variabilidade de um processo, garantir a estabilidade de um processo, e com isso reduzir os custos de produção devido à sucata. O método de controle de processo por atributos apresenta uma vantagem em relação ao controle de processo por variáveis contínuas, por estar focado em atuar nas causas, e, por isso, recomenda-se que ambos sejam utilizados nos processos a fim de se buscar a melhoria contínua e evitar a reincidência dos problemas de qualidade dos produtos. Isto porque ao se realizar o desdobramento da qualidade, a cada característica requisitada, isto é, a cada variável contínua a ser monitorada, existe pelo menos um atributo associado a sua variação.

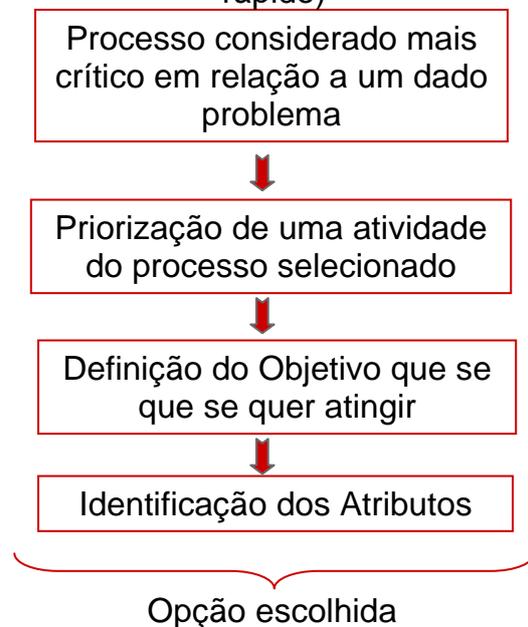
Os atributos têm características não numéricas e só podem assumir uma característica entre aquelas mutuamente excludentes, como: preto ou branco, alinhado ou desalinhado, etc. Um exemplo disso na laminação é o ajuste da guia no canal: se a guia estiver centrada no canal, o resultado será um produto conforme esperado; caso a guia esteja descentrada, o resultado será um produto não conforme, apresentando *overfill* ou bigode.<sup>(1)</sup> Isto é atributo.

Há duas opções para identificar os atributos e implantar o controle de processo por atributos: o primeiro parte-se do cliente para o processo, através do desdobramento da qualidade (QFD); a outra opção é partir do processo para o cliente, ou seja, através dos resultados obtidos internamente, elege-se um processo crítico associado ao problema que será estudado e controlado. A Figura 1 ilustra o fluxo para a escolha das opções:

1ª opção: Parte-se do Cliente para o Processo (Desdobramento da Qualidade)



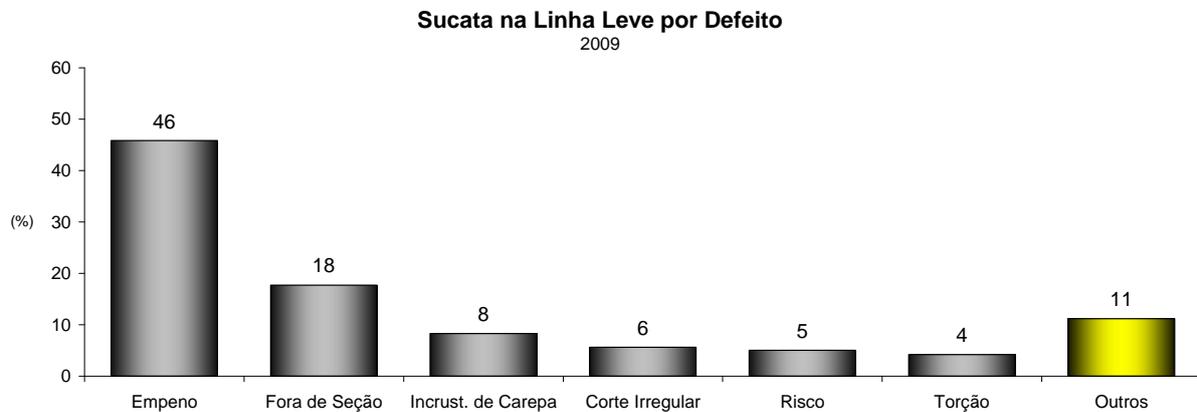
2ª opção: Parte-se do Processo para o Cliente (Menos completo, mas mais rápido)



**Figura 1.** Fluxogramas utilizados para identificação dos atributos.

Neste trabalho optou-se pela 2ª opção por ser mais rápida.

A partir da estratificação dos rejeitos por motivo em 2009, decidiu-se empregar a metodologia para resolver o problema de incrustação de carepa, pois já estavam em andamento MASP – Metodologia de Análise e Solução de Problemas para tratar os problemas de empeno e fora de seção, conforme pode ser observado na Figura 2.



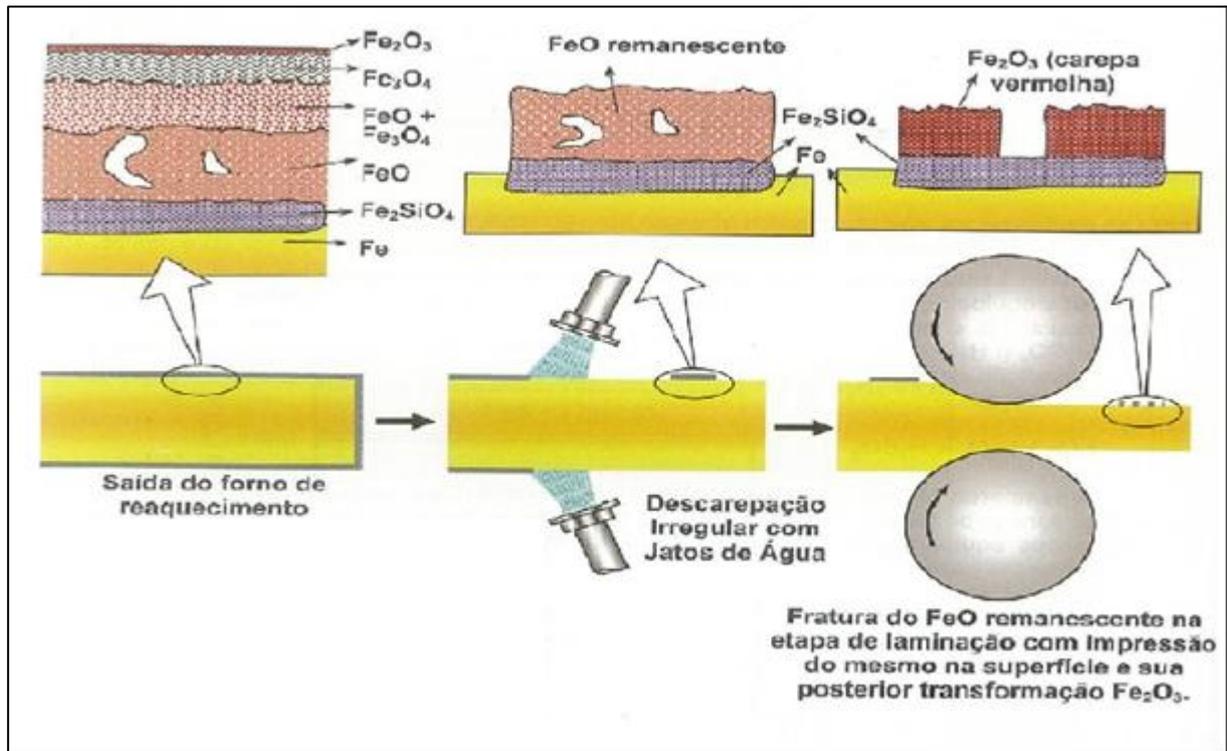
**Figura 2.** Pareto dos rejeitos em 2009.

Em função da escolha da característica incrustação de carepa, foi selecionado o processo do Descarepador.

## 1.1 Revisão Bibliográfica

A carepa é constituída por uma camada de óxidos de ferro que são formados no processo de aquecimento dos tarugos no forno. A constituição dessas camadas varia com a temperatura da seguinte forma: acima de 1.100°C tem-se  $\text{Fe}_3\text{O}_4 + \text{FeO}$ , abaixo de 500°C tem-se  $\text{Fe}_3\text{O}_4$  e na faixa intermediária destes extremos tem-se camadas dos três tipos de óxidos: wustita ( $\text{FeO}$ ), magnetita ( $\text{Fe}_3\text{O}_4$ ) e hematita ( $\text{Fe}_2\text{O}_3$ ).<sup>(2)</sup>

A Figura 3 mostra uma ilustração esquemática da origem do defeito incrustação de carepa.<sup>(2)</sup> Observa-se que quando o processo de descarepação não é capaz de eliminar totalmente a carepa, ocorre uma impregnação de carepa no tarugo ao ser laminado.



**Figura 3.** Ilustração esquemática do processo de formação de carepa.<sup>(1)</sup>

A principal consequência da incrustação de carepa em barra chata mola é a redução da vida a fadiga da mola, pois após jateamento ou decapagem das molas a carepa se desprende do material gerando sulcos, que funcionam como concentradores de tensão e levam o material à ruptura.

Entretanto a carepa que fica incrustada na barra chata é de difícil visualização pelos inspetores de qualidade da linha, e muitas vezes é necessário jateamento das amostras para permitir mais claramente a detecção do defeito.

A Figura 4 mostra fotos de três amostras analisadas com incrustação de carepa, sendo a primeira da barra após laminação e resfriamento, a segunda amostra jateada e a terceira uma fotomicrografia do defeito.



**Figura 4.** Fotografias de amostras com incrustação de carepa.

O descarepador é o equipamento responsável por eliminar a carepa da superfície do tarugo após o desenformamento. O sistema de descarepamento é composto por filtros, conjunto motor-bomba, válvulas (segurança e alívio), anel e bicos de descamação, conforme está apresentado na Figura 5. A água após filtragem é pressurizada pela bomba e direcionada aos bicos de descamação onde

ocorre a projeção do leque de água nos tarugos com pressão para a remoção da carepa formada.

Além disso, após saída do descarepador, o tarugo passa sob dois conjuntos de escovas de aço para limpar a carepa que foi quebrada pelos jatos de água de alta pressão, mas que permaneceram na superfície, embora não mais aderidas. Essas escovas exercem papel importante neste processo, pois garantem que o tarugo não entre na primeira cadeia do laminador com carepa sobre ele.

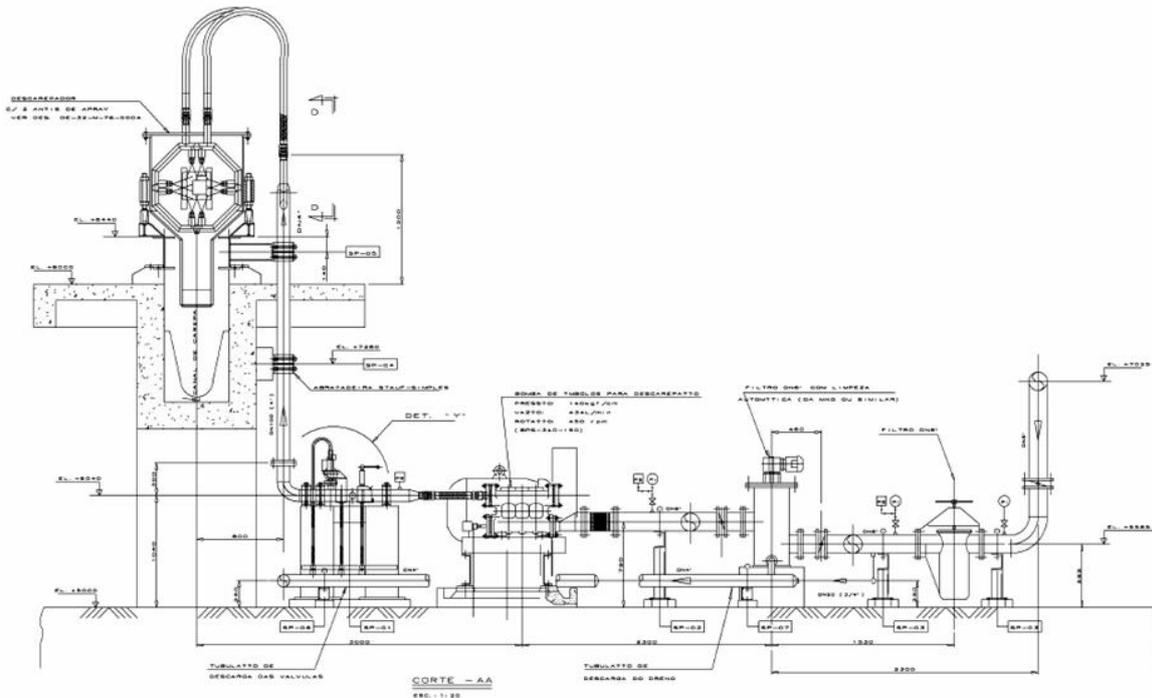


Figura 5. Layout do conjunto do Descarepador.

## 2 METODOLOGIA

O desenvolvimento da metodologia do controle de processo por atributos seguiu as seguintes etapas: definição do processo crítico relacionado ao problema de incrustação de carepa, ou seja, o descarepador; priorização de uma atividade do processo selecionado – neste caso, a atividade é a retirada de carepa do tarugo após o desenformamento; definição do objetivo que se quer atingir, isto é, evitar a incrustação de carepa no tarugo; e finalmente, a identificação dos atributos.

Os atributos que foram considerados críticos neste processo foram: funcionamento dos filtros, qualidade da água, pressão de água (definida em 70 Bar), escova dos cabos de aço, situação dos bicos de descamação, válvula de alívio e anel do descarepador.

Na sequência, foram estabelecidas formas de controle dos atributos, de modo que esse monitoramento seja realizado de maneira sistemática e padronizada por todos os operadores e/ou mecânicos envolvidos no controle.

Após a definição de como controlar os atributos, definiu-se a frequência de verificação e o responsável pelo controle.

Finalmente, determinou-se as contramedidas a serem tomadas em caso de alguma anormalidade no atributo e criou-se a sistemática de registro de qualidade após a verificação do atributo e execução de alguma contramedida.

A Figura 6 apresenta um exemplo do que foi descrito acima e que se encontra no procedimento criado para controle de processo por atributo do descarepador.

ATIVIDADE	OBJETIVO	PROCEDIMENTO					
		ATRIBUTO	COMO CONTROLAR (ATRIBUTOS)	FREQ.	RESP.	CONTRAMEDIDA	REGISTRO DE QUALIDADE
RETIRAR A CAREPADO TARUGO APOS O DESENFORNAMENTO	EVITAR INCRUSTAÇÃO O DE CAREPANO TARUGO	PRESSÃO D'ÁGUA	PARA VERIFICAR A PRESSÃO DA ÁGUA NO MANOMETRO, O MECANICO DO TURNO DEVE SOLICITAR AO OPERADOR DO POSTO CENTRAL O ACIONAMENTO DO DESCAREPADOR EM MODO MANUAL.  PARA EVITAR DANOS NO MANOMETRO, O MECANICO DO TURNO DEVERA ABRIR A VALVULA ANTERIOR AO MANÔMETRO E FECHA-LA APOS A MEDIÇÃO.	INICIO DO CÂMBIO PARA CAMPANHA DE BCH.	MECÂNICO DO TURNO	CASO A PRESSÃO NÃO ATINJA 70 BAR, VERIFICAR E CORRIGIR OS SEGUINTEIS ITENS:  VERIFICAR AS CONDIÇÕES DO MANÔMETRO, CASO ESTEJA COM DEFEITO, EFETUAR ATROCA;  VERIFICAR O ACIONAMENTO DA VÁLVULA DE ALÍMO, CASO NÃO ESTEJA ATUANDO, EFETUAR A TROCA;  VERIFICAR AS CONDIÇÕES DO CIRCUITO GERAL (TUBULAÇÃO, ANEL, BICOS E BOMBA), EM CASO DE IRREGULARIDADE, EFETUAR O REPARO OBSERVANDO OS ITENS ABAIXO REFERENTES A BOMBA: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ AJUSTAR E LUBRIFICAR A GAXETA,</li> <li>▪ LUBRIFICAR E VERIFICAR O NÍVEL DE ÓLEO DO CONJUNTO DO MOTOR (PISTÃO, EMBELO);</li> <li>▪ INSPECIONAR O FUNCIONAMENTO DA BOMBA DE LUBRIFICAÇÃO;</li> <li>▪ INSPECIONAR OS RETENTORES QUANTO A PRESENÇA DE VAZAMENTO DE ÓLEO E ÁGUA;</li> <li>▪ INSPECIONAR O FUNCIONAMENTO DAS VÁLVULAS DE ADMISSÃO E DE DESCARGA.</li> </ul>	REGISTRAR NO CHECK LIST DA MANUTENÇÃO (ANEXO 2) O VALOR DA PRESSÃO INICIALMENTE ENCONTRADA E OS REPAROS FEITOS.  (RESP. MECÂNICO DO TURNO)

Figura 6. Item do procedimento para controle dos atributos

Como variável resposta, para avaliar a eficiência do processo de descarepação, foram criados três níveis de carepa para serem monitorados após a saída do tarugo do descarepador, sendo 04 amostras por hora.

A Figura 7 mostra os níveis de carepa adotados para verificação.

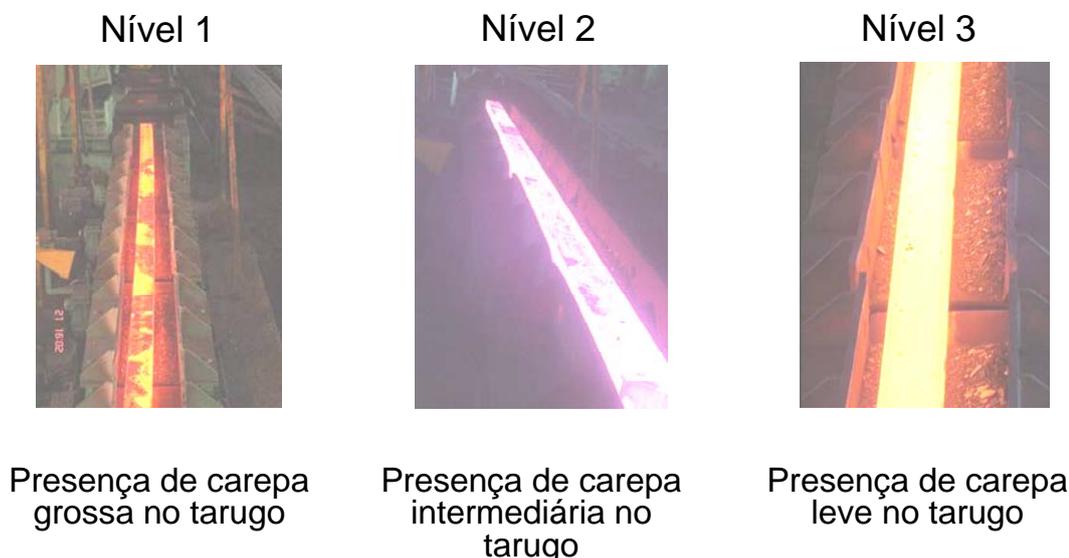


Figura 7. Padrões do nível de carepa no tarugo.

A cada nível de carepa observado está associada uma contramedida que deve ser tomada da seguinte forma:

- Nível 1 → Parar imediatamente o laminador; verificar e corrigir os atributos;
- Nível 2 → Continuar a laminação; verificar e/ou corrigir os atributos; acompanhar o descarepador durante a laminação;
- Nível 3 → Continuar a laminação; continuar a inspeção do check list.

Adicionalmente, foi determinado neste procedimento que é terminantemente proibido laminar barra chata mola sem o descarepador em perfeito funcionamento.

Para auxiliar os operadores na verificação e registro dos atributos foi criado um formulário próprio (*check list*).

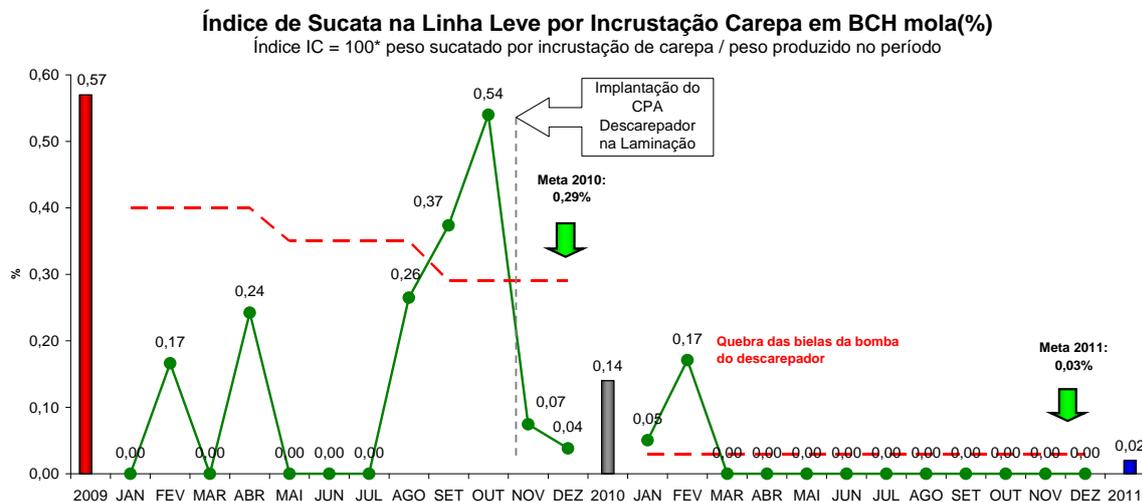
Vale ressaltar que apenas os atributos críticos para o processo é que foram considerados neste trabalho, mas estes correspondem a mais de 70% de todos os atributos envolvidos.

Através do monitoramento dos resultados obtidos e reuniões de acompanhamento com as equipes de operação e manutenção fica fácil perceber se algum atributo não foi considerado, mas deveria ter sido. Este não foi o caso deste trabalho, pois não se identificou outros atributos que não estavam contemplados no procedimento.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observa-se na Figura 8 que o trabalho de MASP realizado contribuiu para a redução do índice de rejeito por incrustação de carepa em barra chata mola, mas não foi suficiente para garantir a estabilidade dos resultados, e com isso, a partir de agosto de 2010 houve uma crescente evolução do índice de rejeitos, chegando ao máximo de 0,54% em outubro. É neste momento, em outubro de 2010, que o CPA é implantado na área, após treinamento de todos os operadores da Linha Leve e mecânicos de manutenção.

A partir desta etapa, os índices de rejeitos são drasticamente reduzidos, permitindo o estabelecimento de uma meta bem mais desafiadora e ousada, e que vem sendo alcançada desde março de 2011.



**Figura 8.** Evolução do índice de rejeito por incrustação de carepa em BCH mola 2010 e 2011.

Com isso, a sucata por incrustação de carepa passou do 3º maior motivo de sucateamento da usina (8% da sucata total por qualidade) para o 11º (0,8% da sucata de qualidade da usina), o que representa 90% de redução de 2009 para 2011, conforme Figura 9.

Sucata na Linha Leve por Defeito  
2011

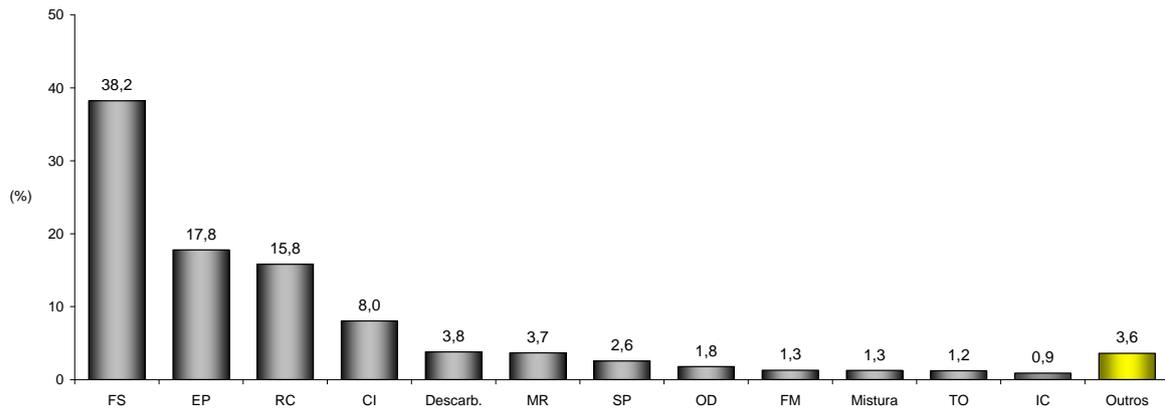


Figura 9. Pareto dos rejeitos em 2011.

### 3.1 Melhoria no Processo com a Implantação do CPA

Após implantação do CPA na área foi possível certificar e garantir o bom funcionamento do descarepador, e com isso permitiu-se identificar outros pontos de geração de carepa no laminador, que antes não eram observados, por acreditar que era apenas mau funcionamento do descarepador.

Foi instalado, então, um sistema de descarepação auxiliar no laminador, que consiste basicamente de um “chuveirinho” posicionado na saída da barra das cadeiras 1, 6, 11 e 13.

A Figura 10 apresenta uma foto da barra após saída da cadeira 6, antes e depois da instalação do chuveiro para uma melhor visualização da carepa secundária que é gerada no processo de laminação.



ANTES



DEPOIS

Figura 10. Presença de carepa secundária na barra após saída da cadeira 6, antes e depois da instalação da descarepação auxiliar na saída da cadeira.



## 4 CONCLUSÃO

Destacam-se os seguintes itens alcançados com o projeto: redução do índice de sucateamento por incrustação de carepa, com 0% de rejeito nos últimos sete meses; redução da variabilidade do processo, com estabilidade dos resultados; redução de custo; e, aprendizado de uma nova metodologia de controle de processo, que já está sendo empregada na solução de outros problemas de qualidade na usina.

## Agradecimentos

Os autores agradecem às equipes de operação e manutenção do laminador leve pelo apoio na implantação desta nova metodologia e pelos excelentes resultados obtidos.

## REFERÊNCIAS

- 1 Relatório consultoria – Manoel Martins Consultoria.
- 2 Rizzo, Ernandes Marcos da Silveira. Processos de laminação dos aços: uma introdução a Laminação. São Paulo, ABM - Associação Brasileira de Metalurgia e Materiais, 2007.