

EVOLUÇÃO DO SISTEMA DE LIMPEZA DE SUPERFÍCIE DA TIRA PROCESSADA NA LINHA DE RECOZIMENTO CONTÍNUO DE CHAPAS DA CSN ¹

Gabriel Godinho Alves ²
Cláudio Avelino Ramos Rodrigues ³
Roberto Teixeira Renó ⁴
Sebastião Vítor Baliza ⁵

Resumo

Esta contribuição técnica trata da melhoria do sistema de limpeza eletrolítica da tira no estado laminado a frio via recozimento contínuo, objetivando minimizar as ocorrências / desvios dos produtos finais pelo defeito de superfície denominado sujeira (SJ), além da melhoria na segurança operacional, na redução de temperatura de trabalho da solução de processo e melhoria das condições ambientais. Através da identificação e da caracterização das ocorrências do defeito “SJ”, das condições de processo e de simulações laboratoriais, desenvolveu-se uma solução desengraxante especial e novos parâmetros de processo, objetivando alcançar a melhoria desejada. A equipe da CSN juntamente com o fornecedor do desengraxante eletrolítico, a partir de janeiro de 2005, realizaram testes laboratoriais, iniciando em abril de 2005 o teste em escala industrial, com elaboração dos procedimentos, dos treinamentos e de acompanhamento dos resultados e de ajuste de processo, até alcançar os resultados desejados. Como resultado houve uma redução significativa das ocorrências / desvios do defeito de superfície “sujeira”, além da melhoria nos aspectos ambientais e na segurança operacional, motivando a aplicação do sistema de limpeza em outra linha de produção da gerência.

Palavras-chave: Limpeza eletrolítica; Solução desengraxante; Recozimento contínuo.

EVOLUTION OF SURFACE CLEAN SYSTEM OF COLD ROLLED STRIP IN CSN'S CONTINUOUS ANNEALING LINE

Abstract

This paper describes the Electrolytic Cleaning Line (ECL) improvements on cold rolled strip at Continuous Annealing Line (CAL). The targets were to diminish the occurrences of surface defect called “DARK SHADOW”, as well as operational safety improvement, low temperature of solution process and environmental conditions improvement. A special cleaner solution was developed after some important steps. First of all, laboratory simulations were performed to eliminate the defect and to improve the process condition. All of those simulations showed that new parameters of CAL to achieve the results were needed. In January 2005 the laboratory tests were performed by CSN team and cleaner supplier. In April the same year the industrial tests started. The tests, the procedures, operational people training and maintenance of the equipment were run according to new process was followed by both, CSN team and cleaner supplier, in order to reach the best results. As a result there was a significant reduction of the defect occurrences, as well as a better environment condition compared to the past. The new process also showed a significant decrease in accidents risk. Which gave an opportunity to use the same process in other line.

Key words: Electrolytic clean line; Cleaner solutions; Continuous annealing line.

¹ *Contribuição Técnica ao 43º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, de 17 a 20 de outubro de 2006, Curitiba, PR.*

² *Engenheiro Metalúrgico, Engenheiro de Produção Senior – CSN*

³ *Engenheiro Metalúrgico, Gerente de Recozimento e Acabamento – CSN*

⁴ *MSc. Engº Metalúrgico, Gerente de Produto – QUAKER CHEMICAL*

⁵ *Química Industrial, Químico de Desenvolvimento - QUAKER CHEMICAL*

1 INTRODUÇÃO

Em função do processo de redução no Laminador de Tiras a Frio, onde é necessária a utilização de uma emulsão de óleo de laminação para garantia da lubrificação e refrigeração, todo material via Linha de Recozimento Contínuo de Chapas (LRCC) apresenta uma camada residual de óleo, finos de ferro e sabão de ferro, que gera defeito de qualidade sujeira (SJ) se não for devidamente retirado da chapa na seção de Limpeza.

A Figura 1 apresenta o histórico do defeito “SJ” ocorrido em materiais recozidos na LRCC#1.

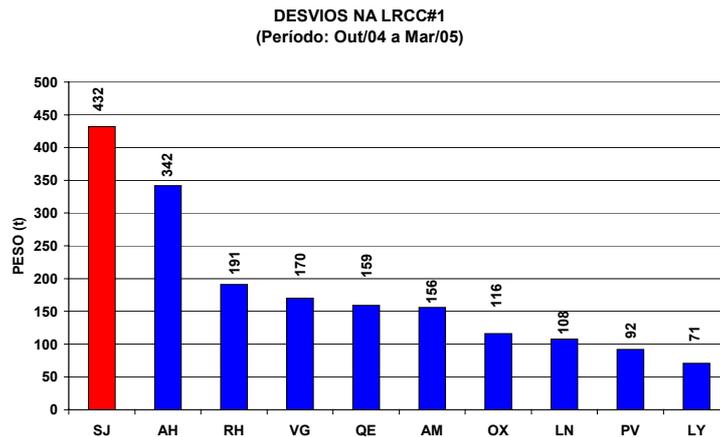


Figura 1. Histórico do problema – Desvio de materiais por “SJ”

Neste mesmo período teve-se 2.020t de materiais com ocorrência do defeito “SJ”, gerando um elevado retrabalho.

Esta contribuição relata os testes e a implantação do novo processo na seção de limpeza da LRCC#1 da CSN, que teve como principais objetivos:

- Minimizar as ocorrências e desvios de qualidade pelo defeito SJ, através da melhoria na condição da limpeza superficial da chapa no estado laminado a frio;
- Melhorar as condições de trabalho dos operadores, eliminando o manuseio de soda em escama em embalagens plásticas (condições ergonômicas);
- Reduzir a temperatura de trabalho (~90°C) da solução de processo, com conseqüente redução da emissão de vapor e temperatura final do efluente (melhoria contínua do Meio Ambiente);
- Atender as exigências ambientais quanto ao descarte de efluentes;
- Minimizar as variações dos parâmetros de processo;
- Reduzir a troca das soluções (aumento da vida útil dos banhos).

2 DESCRIÇÃO DO PROCESSO DE LIMPEZA ELETROLÍTICA

Nota-se na Figura 2 que a linha de limpeza situa-se entre a máquina de solda da bobina no estado laminado a frio e a torre de acumulação de entrada do forno da LRCC#1.

A seção de limpeza é constituída dos seguintes equipamentos ao longo do sentido da tira no processo:

- Tanque de limpeza alcalina, onde ocorre a limpeza por ação química;
- Tanque escova # 1, sendo a limpeza por ações mecânica e química combinadas;

- Tanque eletrolítico, cuja limpeza ocorre por reação eletroquímica;
- Tanque escova # 2, última etapa da retirada dos residuais agregados na tira, através de ação mecânica;
- Tanque com água quente, retirada final dos residuais através do enxaque;
- Secadores (rolos e sopradores) para eliminar a umidade na superfície da tira, evitando-se a subsequente oxidação.

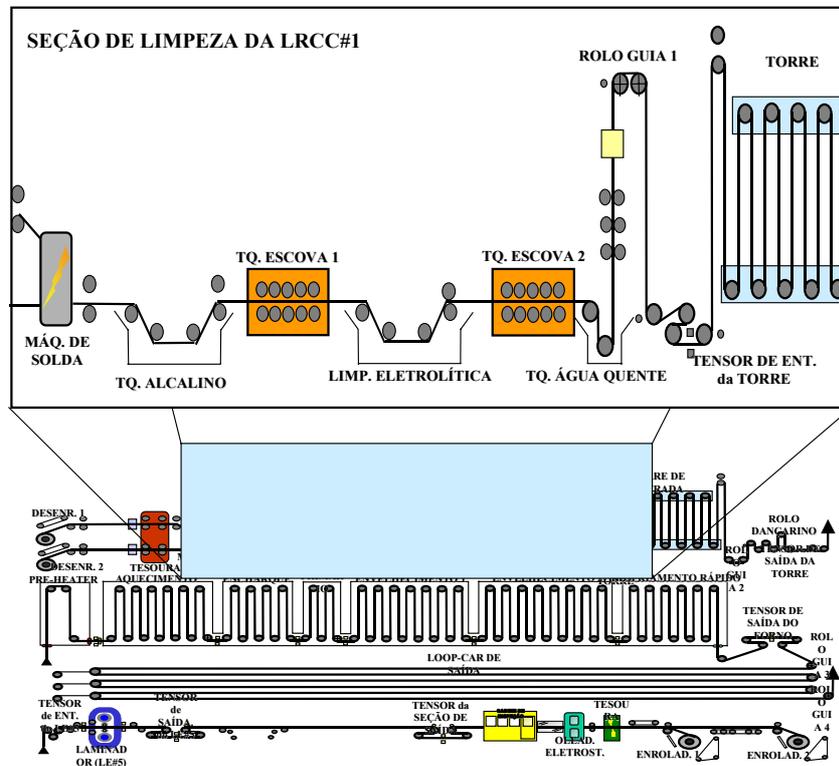


Figura 2. LRCC#1 com destaque para a seção de limpeza eletrolítica.

Os tanques alcalino, escova # 01 e 02 e eletrolítico possuem tanques no piso inferior denominados tanques de recirculação.

A seguir são descritos os mecanismos de limpeza que ocorrem em cada etapa do processo de limpeza.

3 MECANISMOS DE LIMPEZA DA CHAPA LAMINADA A FRIO

O mecanismo de limpeza a ser apresentado neste trabalho e utilizado atualmente na LRCC#1 constitui-se em: limpeza química, mecânica e eletrolítica, conforme descrito abaixo.

3.1 Princípio Químico

A limpeza química é garantida através da utilização de desengraxante, que pela reação química promove umectação (amolecimento) dos resíduos de laminação para facilitar sua remoção no processo posterior.

Para que aconteça uma boa reação do desengraxante com os resíduos de laminação, há uma faixa de temperatura de trabalho ideal, em função do produto utilizado. Portanto é de suma importância o controle da temperatura da solução desengraxante.

O principal fator que ocorre nesta etapa da limpeza são as reações de saponificação:

- A separação dos insaponificáveis;
- A formação de sabões solúveis.

3.2 Princípio Mecânico

A limpeza mecânica é garantida através da utilização de rolos escovadores que em contato direto com a chapa retira os produtos da reação do desengraxante com os resíduos da laminação ⁽²⁾. Neste caso é de fundamental importância o ajuste do aperto dos rolos escovas, da qualidade de fabricação destes rolos, do correto posicionamento ao longo da seção (de forma alternada com rolos de aço), sentido de rotação (contrário ao movimento da chapa), refrigeração das cerdas, dentre outros fatores.

3.3 Princípio Eletrolítico

O desengraxe eletrolítico é caracterizado pela passagem da corrente elétrica através de uma solução alcalina (eletrólito), formando um circuito eletrolítico.

O hidróxido de sódio é o composto mais usado devido: possuir elevada capacidade de saponificação, dissocia-se totalmente em água, tem custo baixo e boa condutibilidade elétrica. A reação química da dissociação da soda em água:



Polaridade e evolução gasosa: Nos casos do desengraxante eletrolítico a geração de correntes gasosas cria um alto grau de agitação, especialmente nas áreas onde a sujidade já esta sendo removida por detergência. A limpeza é então conseguida pela combinação de efeitos físicos e reações químicas.

Todos os princípios citados têm por finalidade:

- Remover resíduos da laminação;
- Saponificar rapidamente os óleos do processo de laminação;
- Remover e manter em suspensão partículas sólidas que estavam aderidas na tira.

Para atingir a máxima eficácia de limpeza, vários tipos de produtos existem no mercado, sendo a sua escolha uma função do processo de aplicação, onde determinados fornecedores formulam o produto adequado às exigências do cliente.

Desta forma os seguintes tipos de produtos são usados industrialmente:

1. Soda (NaOH), líquida ou escamas;
2. Desengraxantes Convencionais;
3. Desengraxantes Especiais.

A Tabela 1 apresenta as características dos produtos descritos acima.

Tabela 1. Comportamento dos produtos para limpeza.

PRODUTO	CARACTERÍSTICAS	EFEITO
Soda (NaOH), Líquida ou escamas	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa molhabilidade (umectação) - Saponifica a temperaturas altas - Alta condutividade elétrica - Difícil lavabilidade - Baixa detergência e emulsibilidade - Formação de sabões duros de cálcio e magnésio 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada temperatura de trabalho (>90°C) - Manuseio perigoso - Limpeza deficiente
Desengra-xantes Convencionais	<ul style="list-style-type: none"> - Lavabilidade deficiente - Emulsificação parcial de óleos minerais - Formação de sabões sólidos - Boa detergência - Baixa ação complexante 	<ul style="list-style-type: none"> - Elevada temperatura de trabalho (>90°C) - Provável ocorrência de defeitos nos processos posteriores
Desengra-xantes Especiais	<ul style="list-style-type: none"> - Boa molhabilidade; - Fácil Emulsibilidade - Melhor lavabilidade - Antiespumantes específicos - Boa detergência 	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa temperatura de trabalho ($\approx 75^\circ\text{C}$); - Formação rápida de sabões solúveis; - Evita formação de borras; - Complexa metais alcalino-terrosos e Fe; - Atende exigências de processos posteriores.

Decorrente dos efeitos benéficos apresentados, definiu-se o desengraxante especial, como o produto a ser desenvolvido para a LRCC#1.

4 ANÁLISE DA OCORRÊNCIA DO DEFEITO SUJEIRA (SJ)

Com base nas informações apresentadas nos tópicos anteriores e, associado ao histórico do problema “SJ”, criou-se um grupo de trabalho e empregou-se a ferramenta diagrama de causa e efeito (método de “Yshikawa” - Figura 3), onde levantou-se as causas influentes. Em seguida foi aplicado o teste de hipóteses para definição da causas mais prováveis (Tabela 2).

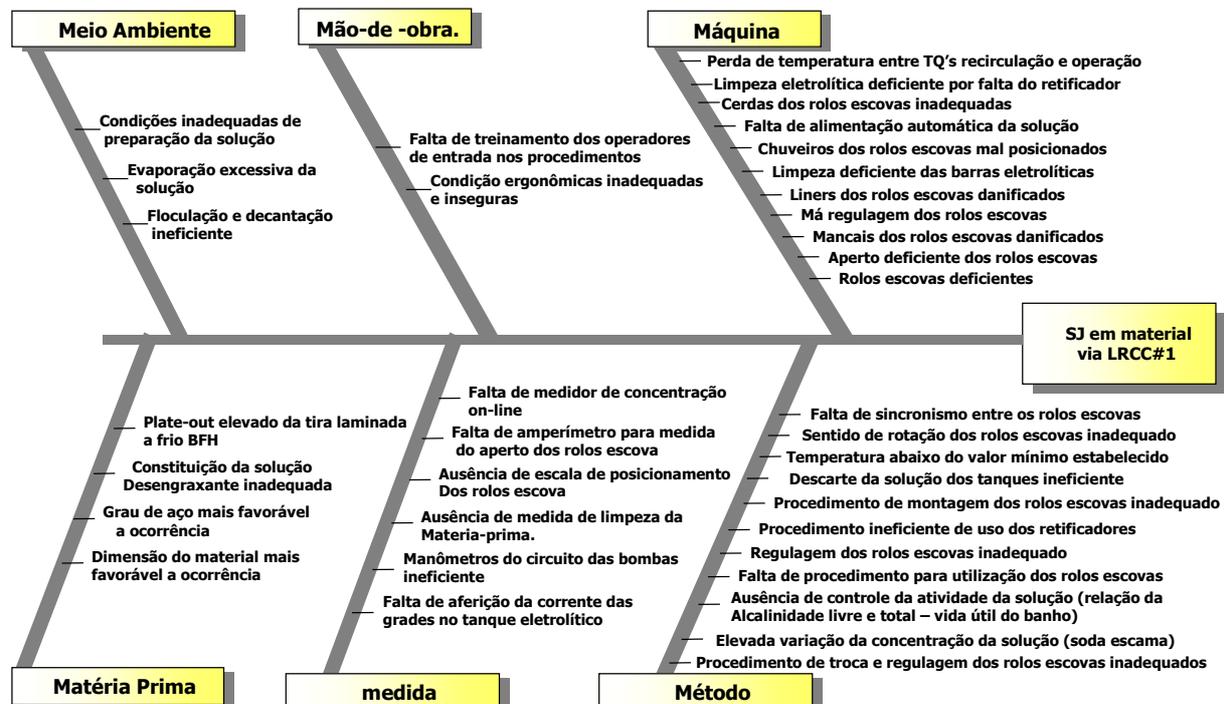


Figura 3. Diagrama de causa e efeito (“Yshikawa”).

Tabela 2. Definição das causas mais prováveis.

CAUSA	HIPÓTESE	PORQUE
Falta de aferição das correntes das grades no tanque eletrolítico	Pouco provável	Após regularização não houve melhora significativa da limpeza do material
Evaporação excessiva da solução	Provável	Com faixa de temperatura de trabalho mais elevada ocorria evaporação excessiva da solução, o que ocasionava instabilidade na concentração do banho, além de afetar o meio ambiente
Falta de treinamento dos operadores de entrada nos procedimentos	Provável	O não cumprimento dos procedimentos / parâmetros de processo gera a ocorrência do defeito
Condição ergonômicas inadequadas e inseguras	Provável	Embora não tenha efeito direto na limpeza da tira, gerava dificuldade para manter os parâmetros estabelecidos, ocasionando o defeito "SJ"
Cerdas dos rolos escovas inadequadas / rolos escovas deficientes	Causa fundamental	Todos os casos em que os rolos estavam danificados / fora de operação houve ocorrência do defeito "SJ", devido não haver ação mecânica para retirada dos resíduos
Condições inadequadas de preparação da solução com soda em escama e constituição desengraxante inadequada	Causa fundamental	Mesmo trabalhando com todos os parâmetros estabelecidos ainda havia ocorrência do defeito "SJ"

A seguir o grupo planejou os testes para determinação da(s) causa(s) fundamental(is) e as respectivas ações de bloqueio. Foram consultados os fornecedores de desengraxantes para realizar os testes em escala industrial. As informações a seguir são referentes ao produto desenvolvido pela Quaker / CSN.

5 SIMULAÇÕES LABORATORIAIS

5.1 Processo de Limpeza

Procurando simular em laboratório o comportamento do produto em termos de limpeza da tira, antes do teste em escala industrial, foram realizadas simulações laboratoriais quanto a ação química, ações química e mecânica simultâneas em chapa de aço no estado laminado a frio típicas, avaliando o poder de limpeza (Tabela 3).

Tabela 3. Resultados da simulação laboratorial no plate-out da tira laminada a frio.

QUÍMICO	MECÂNICO- QUÍMICO	ELETROLÍTICO
10% (*)	70% (*)	20% (*)

(*) Redução máxima dos resíduos

Assim, foram pré-determinados os produtos a serem testados e os parâmetros de processamento, nos tanques alcalino e escova nº 01, enquanto a determinação dos parâmetros do tanque eletrolítico foram baseados em dados de literatura⁽¹⁾ associado ao conhecimento da equipe em outras aplicações.

A característica típica do produto especialmente desenvolvido para a LRCC#1 é ilustrado na Tabela 4 abaixo:

Tabela 4. Características típicas do desengraxante especial

PARÂMETROS	TANQUE		
	QUÍMICO	ESCOVA # 1	ELETROLÍTICO
CONCENTRAÇÃO (%)	0,50	1,00	3,00
TEMPERATURA (°C)	70 ~ 80	70 ~ 80	70 ~ 80
ALCALINIDADE LIVRE (%Na ₂ O)	22,00	22,00	22,00
DENSIDADE A 25°C	1,43	1,43	1,43
pH (Diluído a 3%)	13,00	13,00	13,00

No tópico discussão dos resultados serão apresentados o comportamento destas definições em escala industrial.

5.2 Testes em Escala Piloto na Estação de Tratamento de Água (ETA)

Os testes em escala piloto,⁽³⁾ não revelaram interferências que impedissem a utilização do produto indicado.

Destaca-se o aumento da relação dos efluentes da LRCC#1 na mistura dos efluentes da ETEQ (Estação de Tratamento de Efluentes Químicos), tornou a clarificação (floculação e decantação) mais eficiente, devido ao aumento do pH.

Portanto, esse efluente pode ser encaminhado para as bacias de acúmulo e descartado lentamente, conforme rotina já existente, sem afetar o meio ambiente.

6 ALTERAÇÃO NO PROCESSO DE LIMPEZA

Através da avaliação do processo e da simulação laboratorial, foi indicado o produto mais adequado e foram definidos os novos parâmetros de processo industrial. Foram realizados testes em escala industrial por 12 dias no mês de abril de 2005, com a produção de 12.540t de bobina laminada a frio, com espessura e largura média de 0,68mm e 1123mm respectivamente, sendo que, neste período de teste não houve ocorrência do defeito de qualidade “SJ” e obteve-se uma melhora no teste de refletância, em relação aos materiais produzidos com o uso de soda em escama. O consumo específico do desengraxante neste período foi de 0,36 kg/t.

As principais alterações realizadas após os testes laboratoriais e industriais, são ilustradas na Tabela 5 abaixo.

Tabela 5. Principais alterações realizadas no processo

ITEM	ANTES	APÓS ALTERAÇÃO
Produto desengraxante	Soda em escama (sacos de 25kg)	Desengraxante líquido especial
Rolos escovas	Cerdas espaçadas e deficientes	Aumento da densidade de cerdas e melhor geometria de posicionamento no rolo.
Medida da efetividade da solução	Não havia	Implantação da análise da alcalinidade livre e total
Corrente dos retificadores no tanque eletrolítico	Sem controle	Implantação do controle
Temperatura da solução de processo	> 90°C	70 a 80°C

Além das alterações do processo, ocorreram melhoria nas condições de trabalho dos operadores, em termos de meio ambiente e segurança.

7 DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

7.1 Ocorrência / Desvios do Defeito “SJ”

Comparando-se os 6 últimos meses antes da troca do desengraxante com o mesmo período após a alteração do processo (Figura 4), observa-se um decréscimo de 65% nos desvios. Neste mesmo período teve-se a ocorrência de 510t (contra 2.020t antes da troca do desengraxante) o que representa a redução em 75% nas ocorrências do defeito “SJ”.

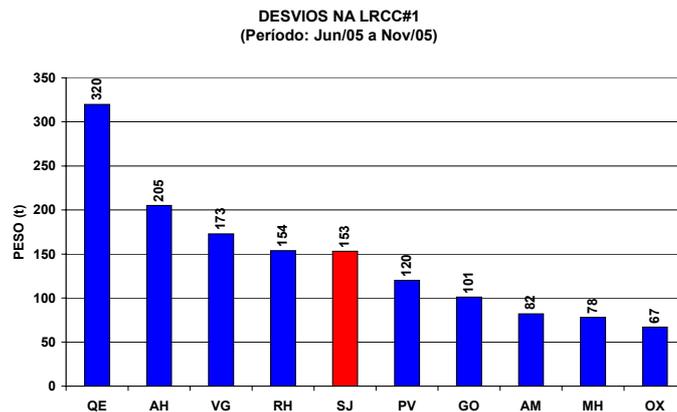


Figura 4. Verificação dos desvios do defeito “SJ”.

É importante destacar que as bobinas com ocorrência de “SJ” são retrabalhadas para atendimento da encomenda, gerando acréscimo do custo de transformação do produto, sendo que em vários casos, este retrabalho não era efetivo, o que gera mais um custo, o da desclassificação do produto.

7.2 Substituição do Desengraxante

Com a substituição da soda em escama pelo desengraxante líquido especial, ocorreram as seguintes melhorias:

- Satisfação dos operadores, devido à eliminação do manuseio com sacos plásticos de soda em escama, ver Figura 5.

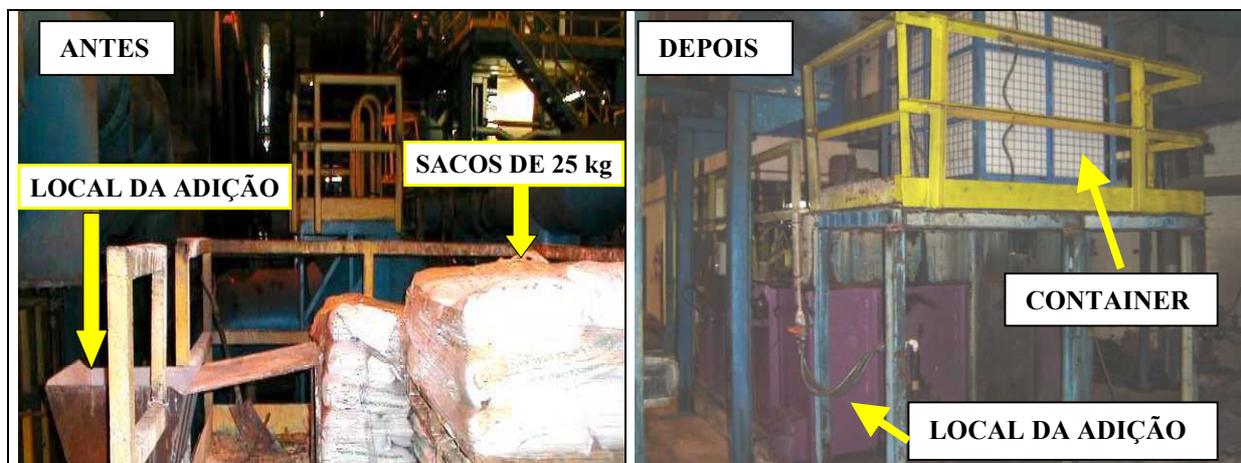


Figura 5. Eliminação do manuseio da soda em escama.

- Minimização da formação de vapores nos tanques de operação, devido a menor temperatura de trabalho, conforme ilustrado na Figura 6.

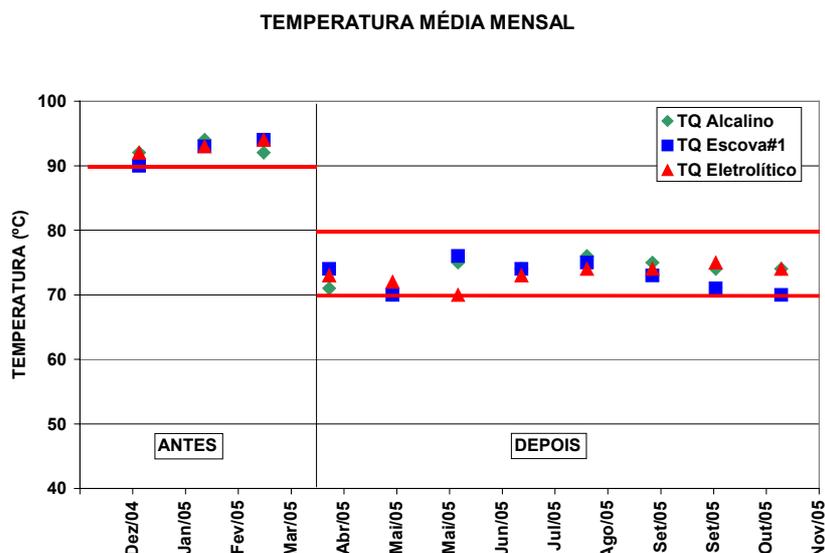


Figura 6. Diminuição da temperatura de trabalho na seção de limpeza.

- Atendimento às exigências ambientais com relação ao descarte dos efluentes devido a maior eficiência da clarificação (floculação e decantação) ⁽³⁾.
- Minimização da variação dos parâmetros de processo, devido ao método de adição do produto e a menor temperatura de trabalho (evitando a evaporação da solução).
- Redução da troca da solução, devido à adoção do controle da atividade da solução (Troca do banho: com soda em escama – semanal / com desengraxante líquido: mensal).

7.3 Desenvolvimento dos Rolos Escovas

O grupo de trabalho vem desenvolvendo rolos escovas juntamente com fornecedores ao longo do ano de 2005, o que tem se mostrado ser efetivo na eliminação de marcas de sujeira (frisos) na chapa após recozidas, causadas por deficiência nestes rolos. As principais melhorias realizadas foram: fixação das cerdas na carcaça do rolo, aumento da densidade de cerdas ao longo do rolo, desenvolvimento de novo tipo de material para confecção das cerdas (Figura 7), balaceamento da carcaça dos rolos, dentre outros.



Figura 7. Melhoria da qualidade dos rolos escovas.

7.4 Consumos Específico

O consumo médio específico do desengraxante especial foi de 0,34 kg/t enquanto o mesmo consumo médio para a soda em escama foi de 0,31 kg/t, diferença esta que não aumentou o custo de transformação da BF (Bobina a frio).

7.5 Aspecto Superficial da Tira

Após as modificações aqui descritas, houve alteração no aspecto do produto final, passando da coloração sem brilho (escurecida) para a coloração prateada brilhante, motivando comentários dos principais clientes da CSN e, não houve reclamação de cliente pelo defeito “SJ” - ver Figura 7.

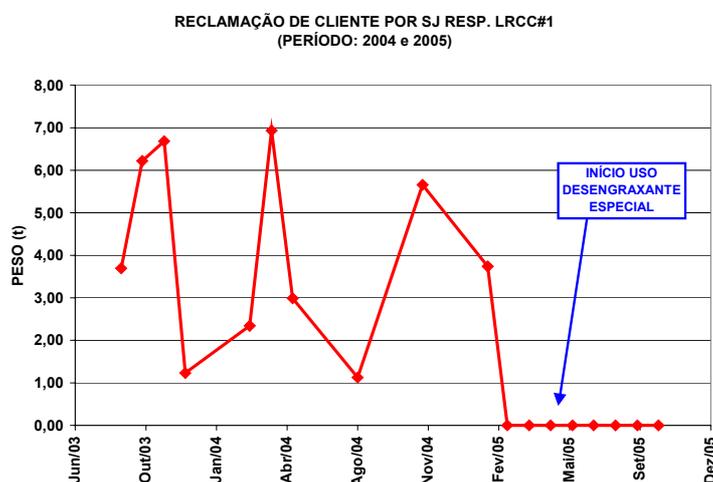


Figura 7. Reclamação de cliente por “SJ”.

8 CONCLUSÕES

- As ações realizadas se mostraram eficazes na minimização do defeito “SJ”, reduzindo as ocorrências em 75% e os desvios em 65%;
- Melhoria das condições do trabalho dos operadores (ergonomia);
- Melhoria das condições ambientais, devido:
 - Diminuição da temperatura de processo;
 - Descarte de efluentes;

- Aumento da vida útil dos banhos
- Melhoria das condições de processo do produto, devido ao aumento da estabilidade e confiabilidade dos parâmetros de processo;
- Melhoria do aspecto do produto final;
- Elevação do moral da equipe como um todo.

REFERÊNCIAS

- 1 BALIZA, S. V. Considerações técnicas sobre produtos desengraxantes. Rio de Janeiro, RJ, p. 07-08, jan. 2002.
- 2 JUNIOR, S. D. M. Sistema de limpeza de chapa da LRCC#1. Volta Redonda, RJ, p. 08-10, nov. 2003.
- 3 BATISTA, R. L. Relatório sobre testes do produto desengraxante na ETA (Estação de Tratamento de Água da CSN). Volta Redonda, RJ, abril 2005.