

# AUMENTO DA CAMADA DE SABÃO NO ARAME TREFILADO PARA PRODUÇÃO DE CA60<sup>1</sup>

*Luciano Jorge de Sousa<sup>2</sup>  
Dimereis José Rosa Filho<sup>3</sup>  
Erick André Barbosa de Moura<sup>4</sup>*

## **Resumo**

A camada residual de sabão no arame trefilado CA60 é uma condição geradora de perdas no processo produtivo comprometendo algumas características do produto e geração de desperdícios nos processos. A sua ocorrência gera um aumento no esforço das roldanas endireitadeiras devido à baixa camada lubrificadora, maior atrito dos arames nos rolos de cassete principal conformador na produção de CA-60 em laminadores a frio. O escopo desse trabalho visa testar novas formulações de lubrificantes em parceria com fornecedor e melhoria no sistema de aplicação do lubrificante a partir de roletes aplicadores para redução das trocas de rolos por desgaste excessivo. A formação de uma camada residual de sabão elevada está associada ao controle de fatores operacionais que precisam ser bem identificados como aspereza da superfície, quantidade de sabão consumida por produção de arame, temperatura do arame no processo de lubrificação, quantidade dos passes de reduções do material e principalmente das características granulométricas e termoquímicas do sabão.

**Palavras-chave:** Sabão; Laminadores a frio; Lubrificação.

## **INCREASE IN LAYER DRAWN WIRE SOAP FOR PRODUCTION OF CA60**

### **Abstract**

The layer of residual soap in the drawn wire is a condition CA60 generating losses in the manufacturing process affecting some characteristics of the product and waste generation processes. The occurrence leads to an increase in the effort of straightening pulleys due to the low layer oiler, the greater friction of the wires on the rollers the cassette main conformer in the production of CA60 in cold rolling mills. The scope of this study aims to test new formulations of lubricants in partnership with supplier and improved application system lubricant from roller applicators. The formation of a residual layer of soap is highly associated with the control operating factors that need to be identified as well as the surface roughness, amount of soap consumed by production of wire in the wire temperature lubrication process, the amount of reduction of the material passes and especially the particle size characteristics and thermochemical soap.

**Keywords:** Soap; Cold rolling mill; Lubrication.

<sup>1</sup> *Contribuição técnica ao 4º Seminário de Trefilação: Arames, Barras e Tubos de Metais Ferrosos e Não-ferrosos, 26 e 27 de novembro de 2013, São Paulo, SP.*

<sup>2</sup> *Gerente de Produção Trefila – Siderúrgica Norte Brasil S.A.*

<sup>3</sup> *Engenheiro de Processos Jr – Siderúrgica Norte Brasil S.A.*

<sup>4</sup> *Analista de Métodos e Processos - Siderúrgica Norte Brasil S.A.*

## 1 INTRODUÇÃO

A trefilação é um processo de conformação mecânica geralmente utilizada para a produção de fios, barras e tubos. Caracteriza-se sempre pelo tracionamento da matéria prima através de uma matriz que lhe confere a geometria e dimensões especificadas.<sup>(1)</sup>

O processo de laminação a frio para fabricação de CA60 na Sinobras utiliza-se como matéria prima o fio máquina que é tracionado por blocos até uma matriz conformadora conhecida como K7 formado por dois trios de rolos que reduzem a seção do fio máquina para formação de carretéis conforme Figura 1.



**Figura 1:** (a) Fio máquina, (b) K7 para redução do arame e (c) Amostra de CA60 em carretel.

A formação de uma camada residual de sabão elevada está associada ao controle de fatores operacionais que precisam ser bem identificados como aspereza da superfície, quantidade de sabão consumida por produção de arame, temperatura do arame no processo de lubrificação, quantidade dos passes de reduções do material e principalmente das características granulométricas e termoquímicas do sabão.

Um bom lubrificante deve apresentar as seguintes características

- um baixo coeficiente de atrito;
- garantir a completa separação das superfícies da matriz e do material trefilado;
- ser resistente ao calor;
- favorecer o bom acabamento superficial do produto acabado;
- ser limpo; e
- resistir à pressão de deformação.

A eficiência do lubrificante está relacionada à sua capacidade de formar uma película estável sob as condições de processo, que previna o contato entre as superfícies. A formação da camada de sabão necessária a uma boa lubrificação depende em grande parte das propriedades físicas e químicas dos mesmos <sup>(1)</sup>.

Os sabões devem ser capazes de suportar as temperaturas de trabalho da fieira, que atuam de forma direta na viscosidade do lubrificante e a pressão de trabalho exercida nos rolos de cassete, que é constante e diretamente proporcional a redução da seção do arame.<sup>(2)</sup>

Outro fator é a reatividade do sabão com a superfície do arame, quanto maior a polaridade de um lubrificante, maior será a capacidade deste em agregar sabão à superfície do arame.<sup>(2)</sup>

A pequena camada residual de sabão no arame trefilado é uma condição geradora de perdas no processo produtivo comprometendo algumas características do produto e geração de desperdícios nos processos. A sua ocorrência gera um aumento no esforço das roldanas endireitadeiras devido à baixa camada

lubrificadora, maior atrito dos arames nos rolos de cassete principal conformador na produção de CA-60.

Com objetivo de aumentar a camada residual nesse processo de conformação aplicou-se a seguinte metodologia com uso de novas formulações de sabão de cálcio e adição de novas fontes de aplicação de sabão.

A Sinobras verificando seu escopo atual de sabão utilizado propôs novas formulações de sabão para seus laminadores a frio para seu fornecedor e desenvolveu um projeto para fabricação de novas caixas de sabão para teste com sistema de roldanas aplicadoras para aumento da camada residual de sabão para o arame CA60.

Como é do conhecimento das trefilarias, o sabão precisa ter uma granulometria adequada que está relacionada aos diâmetros das bitolas de arames produzidas, alta temperatura de fusão proveniente da quantidade e tipo de aditivos utilizados (no caso do sabão TC 588 – SO<sub>2</sub> e TC 71/SNB – TiO<sub>2</sub>), composição química especificada para características termoplásticas necessárias aos processos de trefilação.

## 2 MATERIAS E MÉTODOS

Para a realização deste trabalho foi utilizado como matéria prima os aços conforme especificação da Tabela 1.

**Tabela 1.** Composição química dos aços utilizados

Tipo	C[%]	P[%]	S[%]	Si[%]	Mn[%]	Cr [%]	Ni [%]	V [%]	Mo [%]	N [%]
1010 5,5 mm	0,13	0,11	0,24	0,15	0,53	0,06	0,14	< 5	0,032	0,09
1022B 5,5 mm	0,23	0,30	0,14	0,22	0,87	-----	-----	-----	-----	-----
1022B 7,0m m	0,21	0,32	0,19	0,19	0,85	-----	-----	-----	-----	-----
1022B 8,0m m	0,23	0,24	0,20	0,22	0,93	-----	-----	-----	-----	-----

Foram realizados 30 ensaios da camada residual de sabão nos arames CA60 4,20mm, para identificação das condições atuais do processo com caixa de sabão padrão da máquina e sabão TC 71A a base de cálcio.

No primeiro teste utilizou-se 30 ensaios nos arames CA 60 4,20 mm e 5,0 mm com sabão para trefila TC588 a base de dióxido de enxofre na caixa principal e na caixa secundária após a primeira redução com velocidade de operação 10 m/s em laminador a frio.

No segundo teste utilizou-se 30 ensaios nos arames CA 60 4,20 mm e 5,0 mm com sabão TC71A na caixa principal e sabão TC588 na caixa secundária antes da primeira redução com velocidade de 10 m/s.

No terceiro teste utilizou-se 30 ensaios nos arames CA 60 4,20mm, 5,0mm com nova formulação de sabão TC71/SNB na caixa principal e secundária com velocidade de 10m/s após a primeira redução.

Nos testes foram analisados quatro fatores:

- *Temperatura do arame antes e após a lubrificação:* A temperatura do arame foi medida mediante pirômetro óptico SKF CMSS 3000-SL com ajuste de temperatura de -60°C à +1000°C com emissividade de 0,90 pois à medida que a temperatura do arame no processo ultrapassa a temperatura de amolecimento do sabão o mesmo perde sua capacidade, principalmente sua viscosidade que é uma das características que garantem sua aplicabilidade no arame.<sup>(3)</sup>
- *Percentual de redução antes da lubrificação:* A quantidade de redução antes da lubrificação foi medida a partir do plano de passe de redução das bitolas produzidas, tendo influencia na camada aderida no arame em função da conformação e arraste do sabão no processo.<sup>(4)</sup>
- *Posição da caixa secundária e tipo de sabão utilizado:* A posição de localização da caixa secundária e tipo de sabão utilizado também foram levados em consideração no ganho de sabão residual, sendo escolhida a partir do conhecimento da equipe operacional.
- *Residual de sabão sobre o arame (g/m<sup>2</sup>):* O residual de sabão no arame trefilado é importante para uma boa trefiabilidade. A análise de sabão foi feita através de 30 amostras de 100 mm de comprimento pesadas em balança analítica, em seguida imersas em ácido clorídrico por 60 segundos, logo depois lavadas com álcool hidratado e secadas com ar quente para obtermos o peso final conforme Figura 2.



**Figura 2:** Amostra de CA60 para ensaio residual.



**Figura 3:** Pesagem do arame (a) antes da imersão, (b) após a imersão.

O residual de sabão é calculado conforme equação, o erro de medição é de 0,0061%.

$$\text{Camada de sabão (g/m}^2\text{)} = \frac{(\text{Peso Inicial} - \text{Peso Final}) * \Phi * 4}{0,51 * \text{Peso Final}}$$

Onde: Peso Inicial das 10 amostras  
Peso final das 10 amostras  
 $\Phi$  – Diâmetro (cm)

### 3 RESULTADOS

#### 3.1 Camada Residual nas Condições Atuais do Projeto

Os resultados das camadas residuais obtidos referem-se às condições iniciais do projeto dos laminadores a frio, onde o arame apenas sofre a remoção da carepa mediante decapador mecânico antes da aplicação do sabão pela caixa principal com rosca misturadora, com sabão a base de cálcio TC71A com granulometria média grossa, tendo temperatura do arame antes da entrada na caixa de sabão 28°C conforme Figura 4.



Fonte: Trefila - Sinobras

**Figura 4:** Laminador a frio de fio máquina para produção de CA60

Em função da análise operacional do excesso de desgaste nos rolos de cassete, quebras por falta de lubrificação do fio máquina, travamento de roldanas no endireitamento foi proposto um plano de ação para aumento da camada residual no arame nervurado CA60 da Siderúrgica Norte Brasil S.A.

Os valores apresentados referem-se ao CA60 - 4,20mm produzido a partir de fio máquina 5,5mm 1022B com média de 1,226 g/m<sup>2</sup> com desvio padrão de 0,0077 os resultados apresentados estão dentro dos níveis de controle.

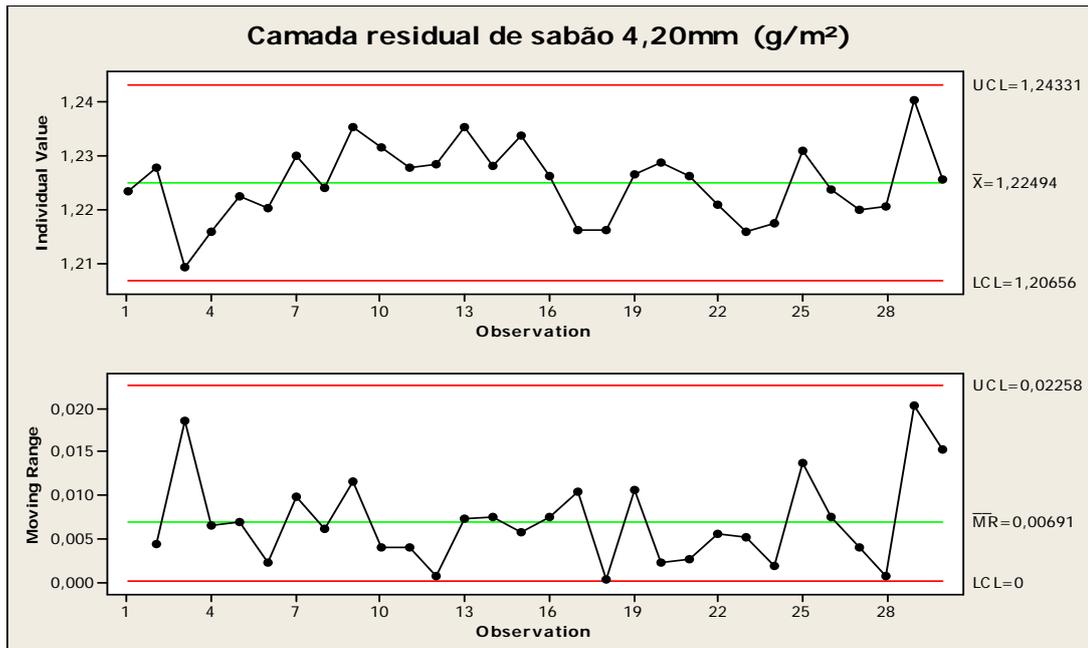


Figura 5: Gráfico de controle IMR para camada residual de sabão (g/m<sup>2</sup>)

### 3.2 Camada Residual de Sabão com Sabão TC 588 – Aditivado com SO<sub>2</sub>

O teste realizado foi utilizado o fio máquina 5,5mm 1022B para produção de CA60 - 4,20mm com uma porcentagem de redução inicial de 20,63% e temperatura do arame na entrada da caixa secundária de 65,25°C.

Nesse teste foi utilizado sabão a base de cálcio aditivado com dióxido de enxofre com granulometria média grossa que apresenta porcentagem de retenção de 62 a 82% em peneira de abertura de 0,84 mm logo após a primeira redução.

A Figura 6 apresenta os resultados para o arame nervurado CA60 4,20mm com a caixa de sabão original da máquina antes da primeira redução mais a caixa secundária com roldanas aplicadoras após a primeira redução.

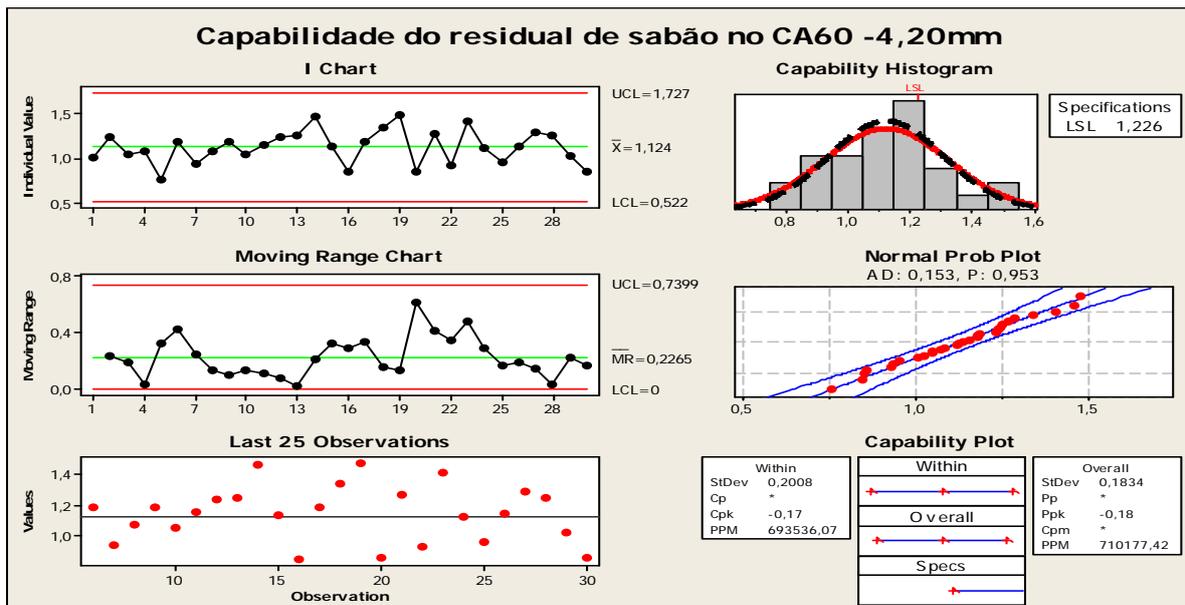


Figura 6: Gráfico de capacidade para camada residual de sabão 4,20mm (g/m<sup>2</sup>).

Considerando o limite mínimo de especificação (LSL) de 1,22 g/m<sup>2</sup> com a quantidade de camada residual das condições atuais do projeto temos uma quantidade aderida no arame de média de 1,124 g/m<sup>2</sup> e desvio padrão de 0,0335 tendo valor um pouco menor em função do aditivo utilizado (dióxido de enxofre) que apresenta melhor aplicabilidade para linhas de altas velocidades como é o caso de trefilação de arames com bitolas menores que 3,0mm.<sup>(5)</sup>

A presença da caixa secundária com roldanas aplicadoras e o aumento da temperatura do arame não apresentaram para o teste descrito uma influência na aderência do sabão em função da temperatura de fusão do sabão de cálcio aditivado com dióxido de enxofre ser superior a 180°C e sua especificação ser para linhas de trefilação com fieira.<sup>(6)</sup>

Para o processo de redução para fabricação do CA60 5,0mm com fio máquina 7,0mm 1022B utilizou porcentagem de redução inicial de 29,92%, com caixa secundária na saída da primeira redução com temperatura de saída da redução de 68,25°C.

A Figura 7 apresenta os resultados para o arame nervurado CA 60 5,0mm onde a camada residual apresentou média de 2,26 g/m<sup>2</sup> e desvio padrão de 0,29. Foi utilizado o valor de 4,29 g/m<sup>2</sup> como limite inferior considerado "benchmarking" de camada residual de sabão para CA60 produzido via processo de trefilação com máquinas monoblocos com fieira.

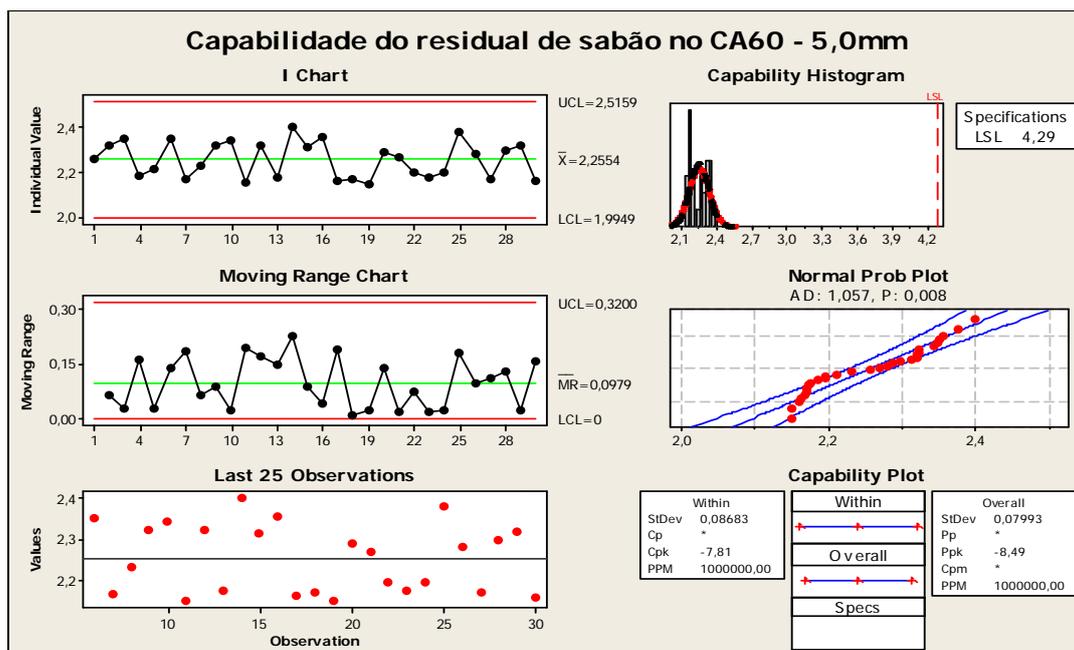


Figura 7: Gráfico de capacidade para camada residual de sabão 5,0mm (g/m<sup>2</sup>).

A camada de sabão aderida no arame CA60 5,0mm com o sabão a base de enxofre, grãos médios e caixa secundária após a primeira redução apresentou uma acréscimo de 1,1 g/m<sup>2</sup> quando comparado ao CA60 4,20.

Notamos que o processo não possui nenhum ponto fora dos limites de controle, os dados seguem uma distribuição normal, porém o processo não é estatisticamente capaz, pois o Cp e Cpk são menores que 1,33.

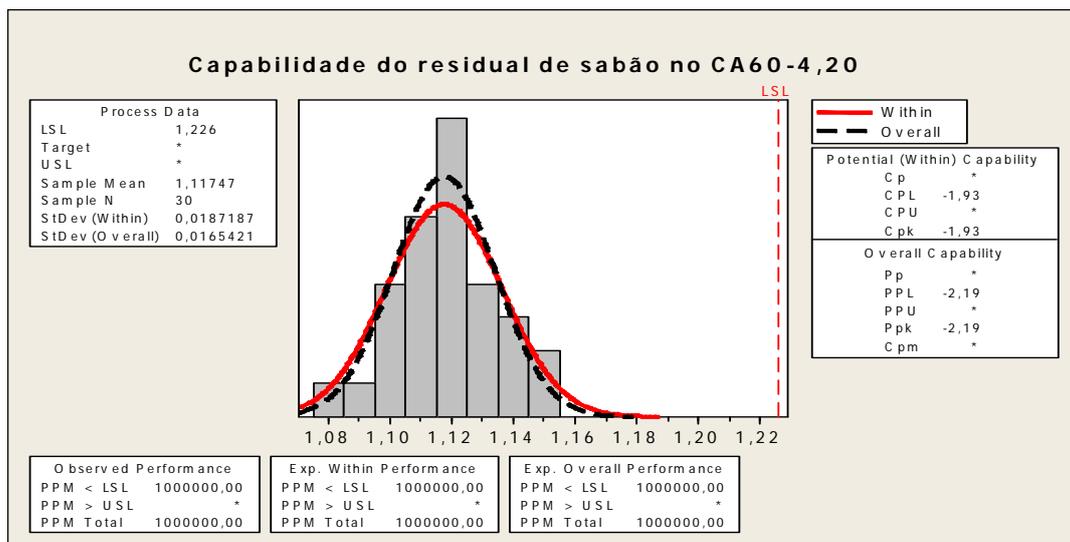
Quando comparado a especificação de 4,29 g/m<sup>2</sup> temos uma baixa eficiência na agregação do sabão no arame trefilado em função das características distintas do processo com laminadores a frio e linhas de trefilação que possui vantagens

principais referentes a menores velocidades, maior quantidades de reduções com uso de feiras.

### 3.3 Camada Residual de Sabão TC 71A com Duas Caixas

Nesse teste foi utilizado sabão a base de cálcio aditivado com dióxido de titânio com granulometria média grossa que apresenta porcentagem de retenção de 62 a 82% em peneira de abertura de 0,84 mm com a caixa de sabão original da máquina mais a caixa secundária com roldanas aplicadoras antes da primeira redução.

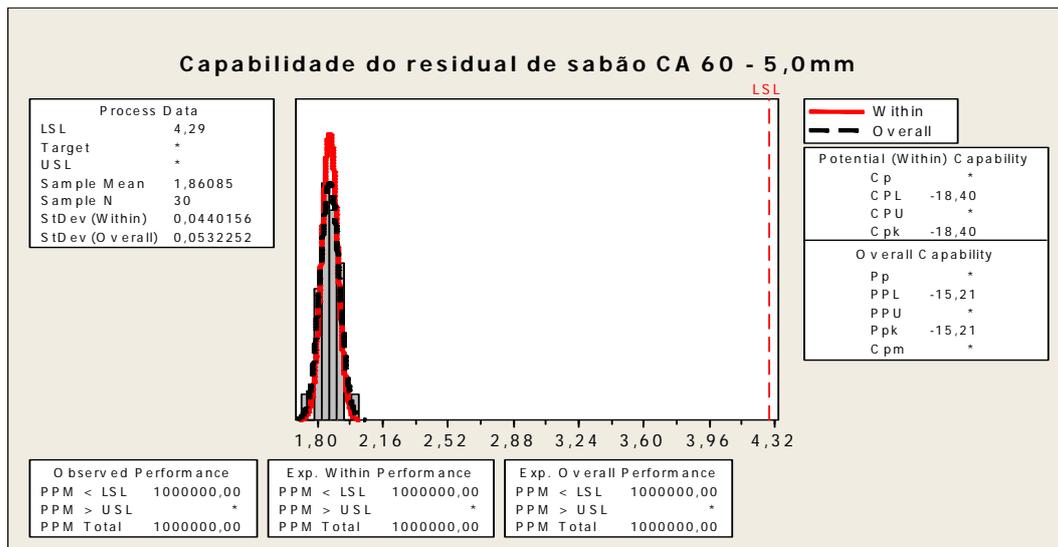
A Figura 8 apresenta os resultados para o arame nervurado CA60 4,20mm onde a camada residual apresentou média de 1,11g/m<sup>2</sup> e desvio padrão de 0,049.



**Figura 8:** Gráfico de capacidade para camada residual de sabão 4,20mm (g/m<sup>2</sup>).

O uso do sabão TC71A na caixa principal e secundária apresentaram valores bem próximos a condição inicial do projeto, indicando que a caixa secundária sem a modificação do tipo de sabão utilizado não apresentou nenhuma melhora na aderência de sabão no arame.

A Figura 9 apresenta os resultados para o arame nervurado CA60 5,0mm onde a camada residual apresentou média de 1,86 g/m<sup>2</sup> e desvio padrão de 0,173.



**Figura 9:** Gráfico de capacidade para camada residual de sabão 5,00mm (g/m<sup>2</sup>).

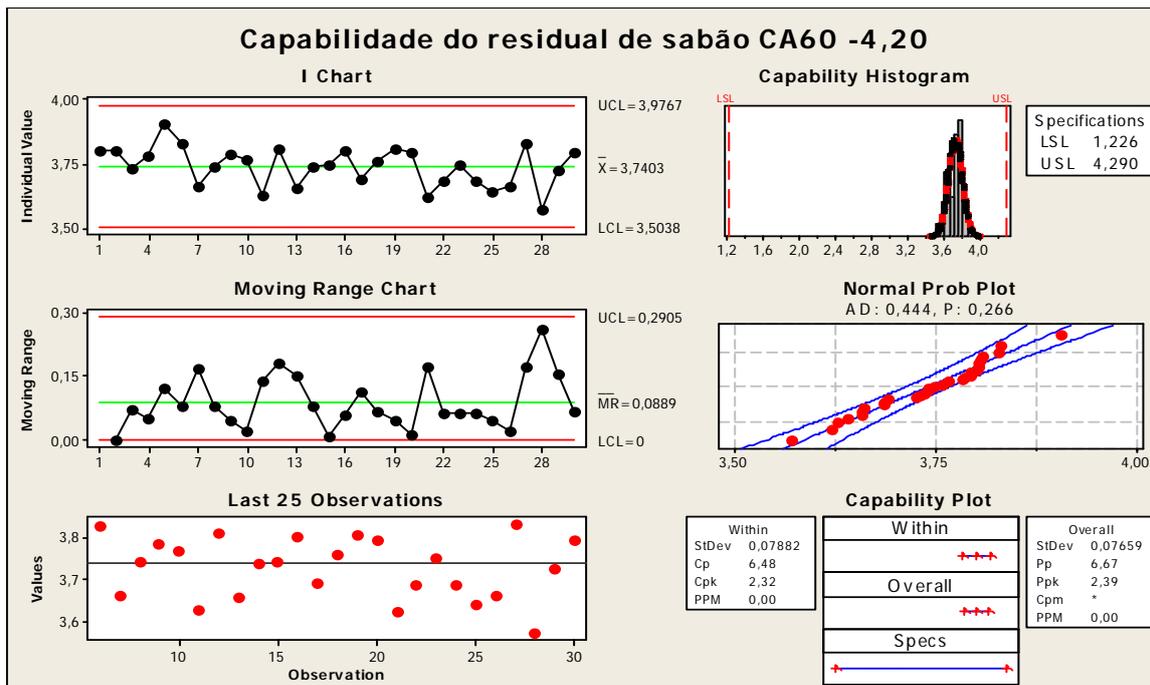
Os valores de camada residual para esse teste apresentou valores menores do que os com uso do sabão TC588 para as duas caixas e três vezes menor que o benchmarking de 4,49 g/m<sup>2</sup>, indicando que o acréscimo da segunda caixa sem a modificação das características granulométricas e termoquímicas do sabão não altera o processo de aumento na camada residual de sabão.

O valor de Cpk de -18,40 comprova que o processo não é estatisticamente capaz de alcançar o valor ideal de 4,29 g/m<sup>2</sup> sem alteração no processo.

### 3.4 Camada Residual de Sabão com Nova Formulação TC 71/SNB

Mediante visita técnica do fornecedor elaborou-se uma nova formulação de sabão a base de óxido de titânio com granulometria média fina com porcentagem de retenção de 40 a 62% em peneira de abertura de 0,84 mm. No teste realizado utilizou-se a segunda caixa logo após a primeira redução de 20,63% e temperatura do arame na entrada da caixa secundária de 67,70°C .

A Figura 10 apresenta os resultados para o arame nervurado CA60 4,20mm onde a camada residual apresentou média de 3,75 g/m<sup>2</sup> e desvio padrão de 0,180.



**Figura 10:** Gráfico de capacidade para camada residual de sabão 4,20mm (g/m<sup>2</sup>).

O resultado da camada residual de sabão no arame com o sabão TC71/SNB neste experimento com a caixa primária e a caixa secundária após a primeira redução apresentou valores quase três vezes maiores da condição inicial de 1,226g/m<sup>2</sup> para 3,74 g/m<sup>2</sup> em função da melhor facilidade no arraste em função de uma granulometria menor, da melhor aplicação das roldanas e do aditivo utilizado dióxido de titânio que contribui na manutenção da viscosidade mesmo com condições mais severas de reduções e temperatura.

Os valores alcançados com processo atual apresentam próximo do benchmarking para este material no processo com feiras com apenas 0,55 g/m<sup>2</sup> de diferença. Os dados alcançados seguem uma distribuição normal, além de ter um Cpk 2,33 confirmando que para as novas condições o processo é estatisticamente capaz.

A Figura 11 apresenta os resultados das amostras de CA60 5,0mm onde a camada residual apresentou média de 4,66 g/m<sup>2</sup> e desvio padrão de 0,443. Os resultados apresentados

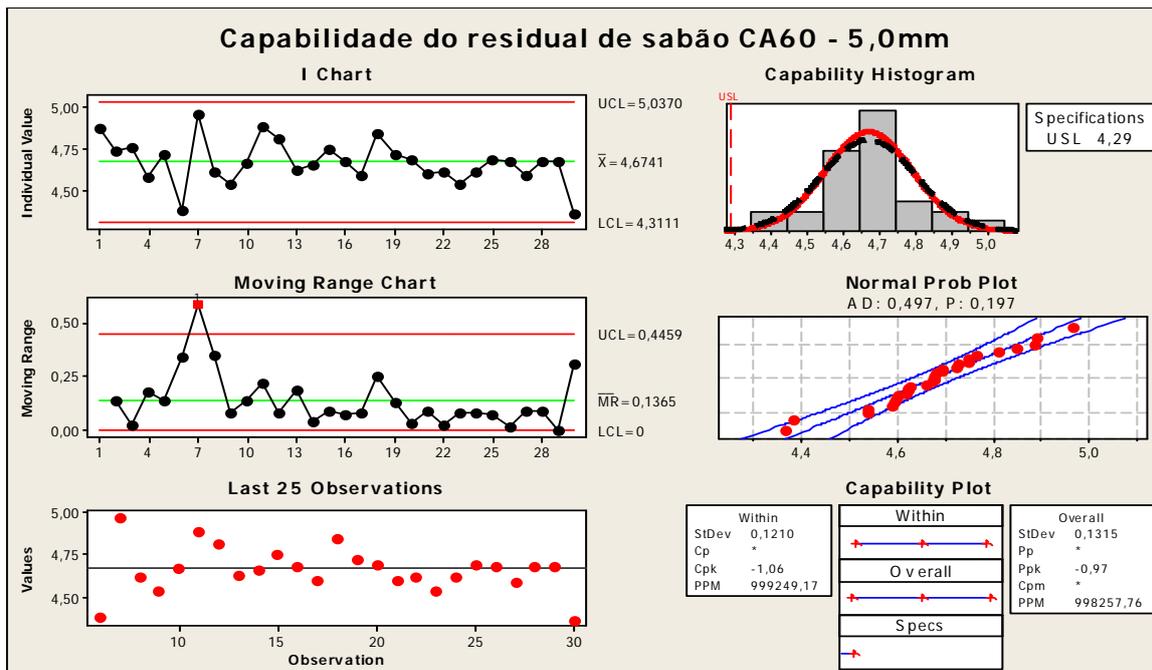


Figura 11: Gráfico de capacidade para camada residual de sabão 5,0mm (g/m<sup>2</sup>).

A Figura 12 apresenta uma amostra de CA60 5,0mm com coloração bastante escurecida, característica própria do residual encontrado no arame nervurado para aplicação.<sup>(7)</sup>



Figura 11: Amostra de CA60 5,0mm com alta camada residual de sabão.

Os resultados obtidos determinam melhor arraste e aplicabilidade do sabão TC71/SNB com granulometria média fina com caixa original da máquina e caixa secundária após a primeira redução como melhor condição para o processo com valores médios 4,67 g/m<sup>2</sup> acima de 4,29 g/m<sup>2</sup> melhor valor de camada de sabão para CA60 produzido por máquina de trefilação.

#### 4 CONCLUSÃO

A incorporação do sabão lubrificante na superfície do arame altera seu comportamento mediante o aspecto corrosivo devido ao seu ph básico acima de sete, para o arame produzido com a nova caixa de sabão localizada após a primeira redução

Temos uma melhor incorporação de sabão pela seção quadrada quando comparada com a caixa localizada na entrada da primeira redução aumentando assim a sua camada protetora ou passivadora.

Conforme monitoramento da temperatura do arame para o processo de laminação a frio verificou-se pequena influência no aumento de sabão para nova caixa de sabão após primeira redução com temperatura inferior à 50°C.

Em comparação à camada de sabão "benchmarking" de CA60 produzido a partir de máquina de trefilação com fieiras de 4,29 g/m<sup>2</sup> observamos que o material da Sinobras apresentou valores próximos de incorporação de sabão na ordem de 3,74 g/m<sup>2</sup> para CA60 4,20mm e valores superiores de 4,67 g/m<sup>2</sup> para CA60 5,0mm evidenciando a eficiência do trabalho e o alcance ao objetivo do projeto.

## **Agradecimentos**

De forma especial os autores agradecem a Siderúrgica Norte Brasil S.A no seu total apoio ao desenvolvimento técnico do trabalho e financiamento nos testes realizados.

## **REFERÊNCIAS**

- 1 BUTTON,S.T.; "Trefilação: Programa de Educação continuada" , São Paulo: ABM,2002.
- 2 COELHO,A.R.Z.; Magnavacca,E.H.; " Lubrificação a seco em arames de aço carbono", wire industry,p. 651-660,1975.
- 3 CETLIN,P.R: " Curso de tecnologia de trefilação de arames de aço",Departamento de Engenharia metalúrgica,UFGM,2002.
- 4 DE OLIVEIRA,B.F. Trefilação – Processo de conformação Plástica dos Metais.2012.
- 5 BRUSIUS, Jr. William. Análise da Lubrificação Seca para Trefilação e Proposta de Padronização de Lubrificantes para Arame de Médio Carbono. Porto Alegre. 2009.33 folhas. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica). Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Brasil.
- 6 BRESCIANI FILHO, E.; BUTTON, S.T.; GOMES, E.; NERY, F.A.C.; ZAVAGLIA, C.A.Conformação Plástica dos Metais. São Paulo: UNICAMP, 1997.
- 7 CETLIN, P. R., Apostila sobre Tecnologia da Trefilação de Arames de Aço,Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais da UFGM, Belo Horizonte, 1982.