

DESENVOLVIMENTO E ADEQUAÇÃO DE AÇO CSN LAMINADO A FRIO PARA MÓVEIS DE AÇO¹

Roberto Luiz da Silva Germano²

Nilza Cristina Sabioni Boechat Zwirman³

Rafael Garcia Netto⁴

Verner Volfran Wolgien⁵

Gabriel Godinho Alves⁵

Evaldo Guimarães Teixeira⁶

Cláudio Luiz de Souza Dineas⁶

Alexandre Pimentel Sampaio⁷

Riccardo Campanella Savio⁸

Resumo

Esse trabalho tem por objetivo, viabilizar a redução de espessura de componentes para móveis de aço, mantendo a função da peça e aprimorando a qualidade do aço. Está inserido em um trabalho maior, em andamento na CSN, de desenvolvimento de aço CSN extrafino para os segmentos de mercado de linha branca e moveleiro. A metodologia usada, segue o fluxo do sistema de desenvolvimento de produtos da CSN, seguindo as principais etapas: identificação da oportunidade do novo produto, análise técnica e econômica preliminar, definição das características do produto e condições de processamento, produção de lotes experimentais, validação no cliente e liberação para venda rotineira. São mostrados os resultados obtidos no projeto, evidenciando o aumento de resistência mecânica do aço através da adequação de condições de processamento nas diferentes etapas produtivas.

Palavras-chave: Laminado a frio extrafino; Desenvolvimento; Foco no mercado.

DEVELOPMENT OF COLD ROLLED STEEL FOR HOME APLIENCES

Abstract

This paper aims, to allow the reduction of thickness of steel for steel furniture, maintaining the function and reducing the final cost of the play. Is part of a larger work in progress at CSN, the development of superfine steel for the market segment of the white line. The methodology used follows the flow of the pipeline of products CSN, following the main steps: identification of new product opportunities, technical and economic point, definition of product characteristics and processing conditions, production of experimental batches, monitoring on the costumer. The increase of mechanical strength of steel through the adjustment of processing conditions in the different stages of production is shown. The results on the product are shown and the progress of the combined use of steel and polyurethane in the manufacture of doors, which enhances the possibility of working with thicknesses smaller and smaller, keeping the call to the function cost and quality.

Key words: Cold-rolled superfine; Development; Market focus.

¹ Contribuição técnica ao 65º Congresso Anual da ABM, 26 a 30 de julho de 2010, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.

² Engº Metalúrgico–Gerente de Desenvolvimento de Produtos- Companhia Siderúrgica Nacional

³ Engº Metalúrgico–Coordenador de Projetos de P&D- Companhia Siderúrgica Nacional

⁴ Engº Metalúrgico–Gerente de Geral de Folhas Metálicas- Companhia Siderúrgica Nacional

⁵ Engº Metalúrgico–Especialista em Desenvolvimento de Processos-Companhia Siderúrgica Nacional

⁶ Técnico Metalúrgico–Técnico de Desenvolvimento - Companhia Siderúrgica Nacional

⁷ Engº Metalúrgico–Especialista em Assistência Técnica -Companhia Siderúrgica Nacional

⁸ Engenheiro Mecânico – Vendas Linha Branca - Companhia Siderúrgica Nacional

1 INTRODUÇÃO

A CSN vem realizando um intenso e sistêmico trabalho de desenvolvimento, adequação e inovação de produtos, visando, cada vez mais, diversificar seu portfólio e gerar soluções em aço para os diversos segmentos de mercado. A nova proposta da CSN é ousada: usar todo o seu conhecimento e experiência como uma das maiores produtoras do mundo de aços para embalagens metálicas (folhas com espessuras que chegam a 0,15 mm) e viabilizar o uso de aços cada vez mais finos na linha branca, mantendo a qualidade e rigidez dos componentes finais. Esse projeto, permite a tão desejada redução de espessura pelos produtores de móveis de aço, refrigeradores, fogões e etc, permitindo diminuições cada vez maiores, principalmente considerando o aço combinado com poliuretano. O afinamento de espessura é uma tendência da Linha Branca no mundo todo, uma vez que isso tem impacto direto na redução do custo final da peça e reflete na competitividade dos clientes frente ao mercado interno e externo. A CSN é especializada na produção de aços finos e pode ofertar produtos de alta qualidade e desempenho. O uso desse aço também tem que ser focado na qualidade do produto final e o aço tem características especiais, que permitem adaptações para os diversos segmentos. Suas principais características, dentre outras, devem ser: excelente planicidade, rugosidade com possibilidade de variar de brilhante a fosca (0,3 μm RA a 1,5 μm RA), qualidade de superfície para peça exposta e propriedades mecânicas controladas e condizentes com a resistência necessária à manutenção da função das peças metálicas. Além de tudo isso, a CSN, como fornecedora, está ampliando sua capacidade de oferta de laminados a frio no mercado brasileiro.

Em segmentos de mercado como o automobilístico, por exemplo, os aços vem se sofisticando para acompanhar as demandas do setor, à busca de materiais mais resistentes e leves que possam viabilizar a redução de peso de veículos e consequentemente, de consumo de combustível. A empresa siderúrgica precisa suportar as necessidades das indústrias através de desenvolvimento contínuo de novos requisitos, mantendo sua modernidade e competitividade em relação a outros materiais.⁽¹⁾ É uma boa disputa com plásticos, fibras sintéticas, e outros, inclusive, outros metais.

A proposta da CSN é de expandir esse conceito em nichos de aços não tão complexos, porém, onde novos atributos possam também ser explorados. Ao longo desse estudo, foi possível enxergar a viabilidade de se abrir uma frente de trabalho, por exemplo, com espessuras em torno de 0,30 mm, através da utilização combinada de aço com poliuretano na confecção de portas de armário, o que potencializa a possibilidade de se trabalhar com espessuras cada vez menores. Nesse trabalho, fica claro o aumento de resistência mecânica do aço através da adaptação de condições de processamento nas diferentes rotas de produção. Essa combinação já é consagrada em outros produtos como refrigeradores, painéis frigoríficos, portas, divisórias etc.

Lembrando, que hoje, ao contrário de poucos anos atrás, hoje, o custo do armário de base madeira já está menor do que o custo do armário de aço. E então? A siderúrgica tem ou não tem que ser ousada?

2 MATERIAIS E MÉTODOS

O desenvolvimento do novo aço foi realizado a partir de produção experimental industrial de peso mínimo de 20 t na usina Presidente Vargas,

segundo o método do fluxo padronizado de Desenvolvimento de Produto da CSN⁽²⁾, prevendo as atividades que resultem no desenvolvimento de produtos tecnicamente corretos, comercialmente vendáveis e economicamente rentáveis, e em conformidade com os requisitos dos clientes e das normas ISO 9001/TS 16949.

2.1 Desenvolvimento do Projeto

2.1.1 Oportunidade do novo produto

O mercado de móveis de aço para fins domésticos, consome cerca de 80.000 t/ano de aços laminados a frio não revestidos, distribuídas em classes de aço carbono em faixas de espessura, atualmente entre 0,40 mm e 0,70 mm. Divide-se em fabricantes localizados entre as regiões Sul e Sudeste do país. É um segmento que vem crescendo muito nos últimos anos, tal qual o de Linha Branca, com destaque para o grande aumento de consumo apresentado, mais recentemente pelas classes C e D, inclusive, também impulsionado pelo impacto da redução do Imposto sobre Produtos Industrializados (IPI) para o setor moveleiro, concedido pelo governo federal ao final de 2009. É marcado por forte inovação e adaptação rápida às necessidades de mercado e que busca, também, atingir em maior escala, segmentos mais nobres de consumo com produtos de cada vez melhor qualidade percebida pelo consumidor final. Na Figura 1,⁽³⁾ exemplos de fotos do produto.



Figura 1 – O produto armário de aço.⁽³⁾

Para acompanhar essa necessidade dos clientes, a CSN busca conhecer melhor esse mercado e aplicação e criar e desenvolver especificações cada vez mais adequadas a essas necessidades. O lançamento do aço CSN extrafino está alinhado com esse conceito. A Figura 2 mostra o perfil de utilização de espessuras no segmento móveis de aço comparativamente entre os anos de 2005 e 2009, onde fica claro o aumento da utilização de espessuras menores que 0,50 mm.

A CSN é especializada na produção de aços finos e pode ofertar e desenvolver produtos de alta qualidade e desempenho, buscando que o aço novo aço integre esses dois grandes objetivos da indústria: redução de custo e melhora perceptível da qualidade. Dessa forma, esse trabalho mostra o desenvolvimento da especificação CSN LBM (Linha Branca Móveis), a partir do desenvolvimento de aço 0,40 mm.

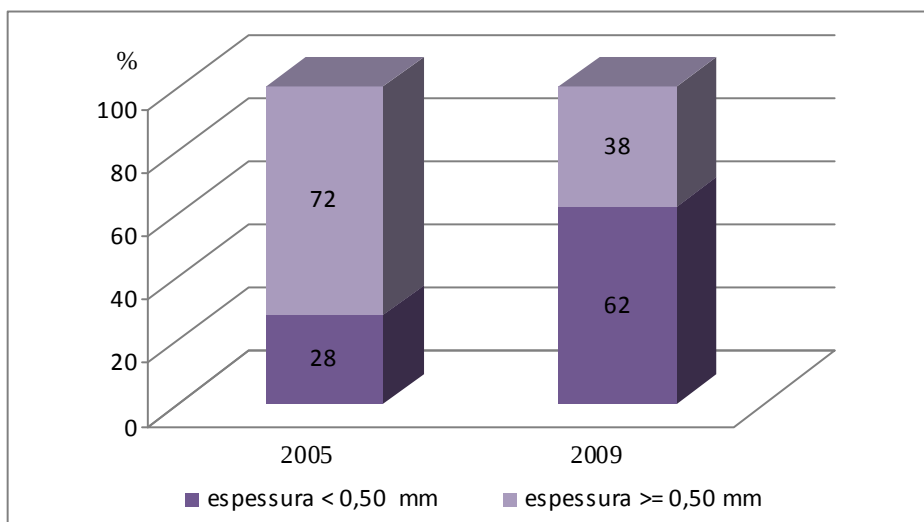


Figura 2 – Percentual aço utilizado no segmento móveis, por espessura, nos anos de 2005 e 2009.

2.1.2 Análise preliminar - características do produto/variáveis do processo

O entendimento do que se busca no resultado final do produto é um dado de entrada fundamental para o sucesso do projeto, principalmente quando essa informação não vem traduzida na forma de norma técnica e sim, da necessidade do cliente. Em relação às necessidades observadas na aplicação do produto, com alguns grupos de aço CSN fornecidos e avaliados em campo (desempenho), foram definidas as características visadas para o novo aço, mostradas na Tabela 1.

Tabela 1: Propriedades inicialmente visadas no aço CSN LMB 65 para atendimento ao segmento móveis de aço

Características do aço CSN LMB 65	Visado
Espessura (mm)	0,40
Limite de Escoamento (Mpa)	340 a 380
Limite de Resistência (Mpa)	400 a 460
Alongamento (%)	28 % min
Dureza (HRb)	62 a 68
Tamanho de grão ASTM	11 a 12
Rugosidade	0,6 – 1,5 μ m de RA
Oleamento leve	800 mg/m ² máximo
Aplainamento	restritivo
Superfície	SP (pintura peça exposta)

Como pode ser observado na Tabela 1, trata-se de produto de resistência mecânica mais alta do que uma convencional chapa fina a frio de baixo carbono recozida continuamente (limite de escoamento > 250 MPa e limite de resistência maior que 340 MPa).

A definição do tipo de processo de recozimento a ser empregado no desenvolvimento, após a laminação a frio (caixa ou contínuo) foi fundamental, em função das características buscadas no material e na estratégia do projeto. Para a produção de aço com espessura de 0,40 mm, objetivando-se altos valores de limites de escoamento e resistência, utilizando o processo de recozimento em caixa, seria necessário utilizar, no mínimo, uma composição química mais elaborada. No recozimento contínuo, todo o processo já converge para isso. É amplamente conhecida a grande influência da composição química, especialmente no que se refere aos teores de carbono, manganês e nitrogênio, sobre esses materiais

recozidos continuamente. As elevadas taxas de aquecimento, curtos tempos de encharque, altas velocidades de resfriamento típicos desse processo, fazem com que o tamanho de grão do aço seja pequeno (menor que 10 μm), sua textura cristalográfica tenda a ser aleatória e que haja retenção de elevadas quantidades de átomos de carbono e nitrogênio.⁽⁴⁾ Ao longo desse estudo foram observados os resultados obtidos em aços com composição química contendo maiores teores de carbono e manganês do que o aço convencionalmente usado no segmento de mercado em questão.

Para garantir o aumento da resistência mecânica necessária ao aço, traduzida pela necessidade de atingir maiores valores de dureza e limite escoamento e de resistência, utilizou-se alternativas clássicas, como os mecanismos de endurecimento por solução sólida (através do ajuste de composição química) e endurecimento por deformação (adequação dos processos de laminação, recozimento e encruamento). A Figura 3 mostra o fluxo de produção de aço na CSN e as rotas disponíveis para recozimento.



Figura 3 – Fluxos de produção CSN disponíveis para a produção de aço laminado a frio para móveis.

Na laminação a frio, promove-se reduções de espessuras das bobinas quentes decapadas, tendo como produto final a bobina laminada a frio (*Full Hard* - BFH). Após a laminação a frio, o processo contínuo de recozimento recupera as propriedades mecânicas perdidas na laminação a frio através de uma linha contínua de recozimento, composta de limpeza eletrolítica, forno de recozimento em passes verticais (aquecimento, encharque, resfriamento lento e rápido) podendo ou não ter laminador de encruamento na própria linha. O produto final é uma bobina a frio recozida. A CSN possui 4 Linhas de Recozimento Contínuo, com capacidade para atender à produção de aço com espessuras de 0,45 mm a 1,50 mm (que aqui, chamaremos de processo A), e para atendimento à produção de aço com espessura abaixo de 0,38 mm (processo B), com laminação de encruamento de simples redução (SR) e dupla redução (DR). O desenvolvimento do produto foi iniciado no processo A, quando se concentrou um enorme esforço operacional de desenvolvimento de projeto, por se tratar de espessura no limite inferior do equipamento. Em linhas de recozimento contínuo, quanto menor a seção da tira, maior a necessidade de ajustes operacionais para garantir a qualidade do processamento e do produto.

À medida que o conceito do projeto foi evoluindo, o desenvolvimento passou a ser direcionado para o processo B, uma vez que ficou claro que a utilização de aços cada vez mais finos na Linha Branca é uma clara tendência e que 0,40 mm pode ser só o limite para uma redução cada vez maior de espessura. Enxerga-se claramente a tendência de se desenvolver esses materiais para diferentes aplicações, que não, somente, para embalagens metálicas. Na Figura 4, é mostrada a capacidade instalada de produção nos processos A e B em relação à faixa de espessura e alguns níveis de propriedades mecânicas que se pode atingir. Para o processo A, estamos no limite inferior da capacidade do equipamento, quando buscamos produzir a espessura de 0,40 mm. Para o processo B, um pouco acima do limite superior. Nesse caso, fez-se necessário o equacionamento de alguns ajustes operacionais no recozimento contínuo para o desenvolvimento da produção de material.

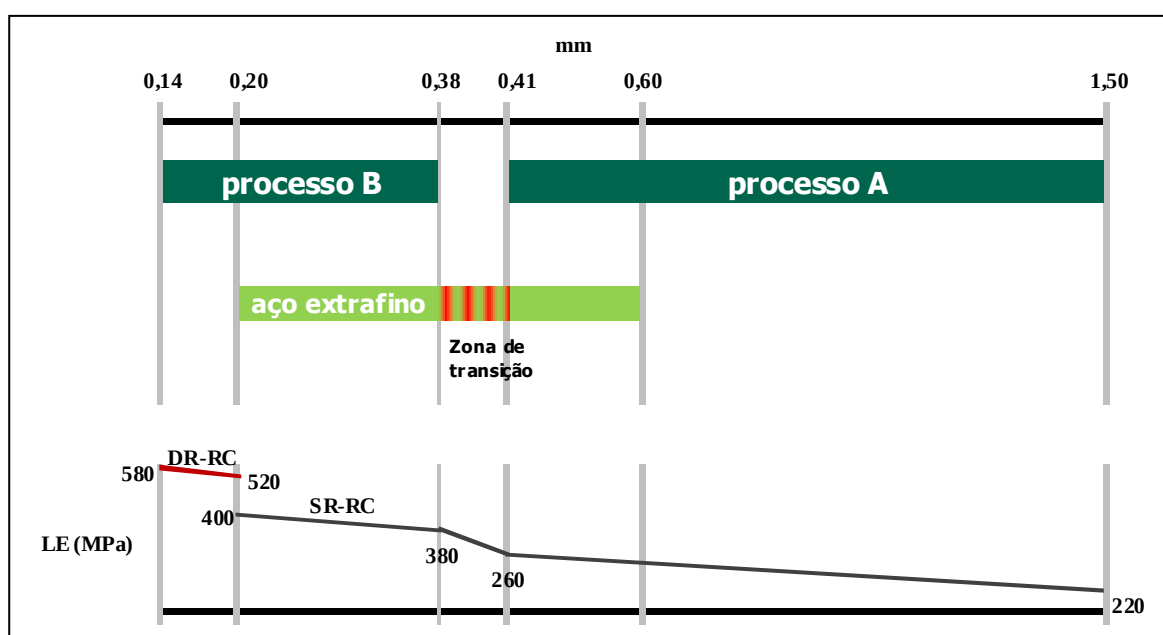


Figura 4 – Processos de laminação e recozimento disponíveis para a produção de aço laminado a frio na CSN.

No processo B, para alguns aços mais espessos, convencionais de Linha Branca de composição química tipo aço 1, as propriedades mecânicas típicas são apresentadas na tabela 3, com valor de limite de escoamento em torno de 260 MPa e dureza em torno de 53 HRB. Só que, à medida que a espessura começa a diminuir, o aumento da resistência mecânica é vital para o sucesso desse tipo de projeto.

Além da definição da composição química adequada, nas etapas posteriores do processamento, os principais pontos de atenção foram:

- laminação a quente: temperaturas de bobinamento;
- laminação a frio: taxas de redução a frio; e
- Recozimento: opção pelo recozimento contínuo (maior resistência mecânica do produto final). Principais variáveis: Temperaturas de aquecimento, encharque e velocidade da linha.

Tabela 2: Resultados de ensaios mecânicos típico de material produzido no processo A, com grau de aço convencional, baixo carbono

Identificação aço	ESP (mm)	LIMITE DE ESCOAMENTO (MPA)	LIMITE DE RESISTÊNCIA (MPA)	ALON- GAMENTO %	RAZÃO ELÁS- TICA	DUREZA (HRB)
Aço 1- processo A	0,60	262	371	36,3	0,71	53

2.1.3 Viabilidade técnica/lotes experimentais

O desenvolvimento foi disparado a partir de composição química, com teores mais elevados de carbono e manganês (aço 2), em relação à convencional de materiais do segmento Linha Branca (aço 1). Na primeira etapa, o desenvolvimento foi realizado através do processo A. Na segunda etapa, pelo processo B.

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 2 mostra a composição química e as Tabelas 4 e 5, as propriedades mecânicas típicas do aço obtidas nos materiais via processo A e processo B, respectivamente.

Tabela 3: Composição química e propriedades mecânicas aço - processo A

Identificação aço	C	Mn	P	S	Al	Si	N
	%	%	%	%	%	%	%
Aço 1	0,052	0,284	0,015	0,008	0,048	0,016	0,0030
Aço 2	0,104	0,421	0,014	0,013	0,034	0,013	0,0035

Tabela 4: Resultados de ensaios mecânicos típico de material produzido no processo A⁽⁵⁾

Identificação aço	ESP (mm)	LIMITE DE ESCOAMENTO (MPA)	LIMITE DE RESISTÊNCIA (MPA)	ALON- GAMENTO %	RAZÃO ELÁS- TICA	DUREZA (HRB)
Aço 2 – processo A	0,40	357	428	29,3	0,83	62

Tabela 5: Resultados de ensaios mecânicos típico de material produzido no processo B⁽⁵⁾

Identificação aço	ESP (mm)	LIMITE DE ESCOAMENTO (MPA)	LIMITE DE RESISTÊNCIA (MPA)	ALON- GAMENTO %	RAZÃO ELÁS- TICA	DUREZA (HRB)
Aço 2 – processo B	0,40	374	440	33,8	0,85	64

O grão ferrítico, dos materiais do processo A e B apresentou tamanho 12 ASTM. As amostras analisadas metalograficamente apresentaram grãos ferríticos poligonais associados a bastante cementita globular fina disposta em alinhamentos na (Figura 5).

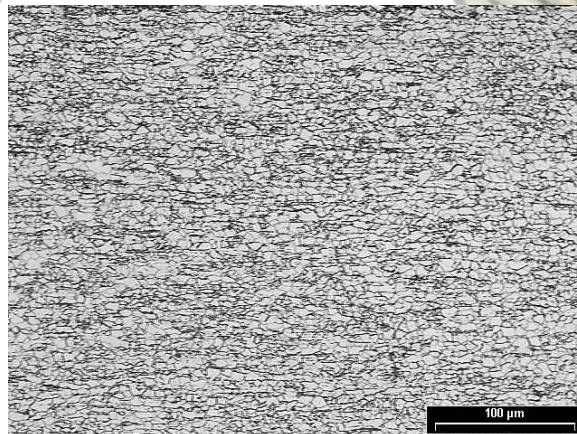


Figura 5 – Microestrutura representativa amostra do aço dos processos A e B (aumento de 200x).

Os resultados obtidos nos dois processos A e B confirmam a capacidade de fornecimento pela CSN do aço pelas duas rotas. Os materiais dos processos A e B foram produzidos para uso armário tendo sido obtido resultado OK na performance das peças (validação do projeto junto ao cliente), uma vez que estão de acordo com os dados de entrada do projeto.

Em relação ao material produzido no processo B, pode-se observar que o nível de propriedades mecânicas é superior ao do material produzido no processo A, considerando-se que para a aplicação em questão, melhor, pois estamos focando no aumento de resistência mecânica para garantir maior rigidez ao produto. Como o processo B é especializado em produção de aços para embalagens metálicas, vários ajustes foram necessários nesse desenvolvimento, relacionados às adaptações de características como rugosidade, qualidade de superfície e oleamento que possuem conceitos particulares para cada segmento.

Para o processo A, a espessura mínima possível de ser produzida é 0,40 mm. Para o processo B, 0,40 mm é espessura máxima. Dessa forma, todo o esforço de desenvolvimento de aços cada vez mais finos será despedido no processo B, onde se pode chegar a valores muito menores de espessura e muito superiores de propriedades mecânicas, inclusive com materiais de dupla redução após recozimento. Dessa forma, a CSN está apta a fornecer materiais para o segmento de Mercado de Linha Branca, utilizando novas rotas de produção na usina.

4 CONCLUSÃO

O desenvolvimento contínuo de novos aços para os diferentes segmentos de mercado realizado pelas siderúrgicas busca manter o aço como um material adequado e competitivo, em resposta às exigências e desafios colocados pelos clientes. Cabe à siderúrgica, transformar o conhecimento em solução, em negócio, para si e para o cliente; inovar; reinventar o aço pelo aço, com a aplicação garantida e qualidade perceptível ao consumidor. É um caminho cheio de desafios e que necessita de revisão diária de conceitos de ambos os lados: produtores e consumidores. A partir do desenvolvimento descrito nesse trabalho a CSN iniciou o fornecimento de aço na espessura de 0,40 mm para o segmento de mercado de móveis de aço.

A CSN é especializada na produção de aços finos, extrafinos, e pode ofertar e desenvolver produtos de alta qualidade e desempenho, buscando que o novo aço integre esses dois grandes objetivos da indústria: redução de custo e melhoria perceptível da qualidade. O aço CSN extrafino também pode ser fornecido com revestimento eletrolítico de zinco, estanho ou cromo.

A partir de um certo nível de redução de espessura, o aço pode ser combinado com o poliuretano: portas de armário, por exemplo, aproveitando conceito já consagrado do uso com outros materiais e linhas de produto como refrigeradores, portas, divisórias, painéis etc (Figura 7).



Figura 7 – Exemplos de utilização potencial de poliuretano como complemento à rigidez de componentes.

O afinamento de espessura é uma tendência da Linha Branca no mundo todo, uma vez que isso tem impacto direto na redução do custo final da peça e reflete na competitividade dos clientes frente ao mercado mundial. A CSN está focada e equipada para atender a essa necessidade, certa de que há muitas oportunidades a serem exploradas.

Agradecimentos

Os autores agradecem à Itatiaia Móveis, um dos maiores fabricantes de móveis de aço do país, especialmente ao senhor Vitor Penna Costa por toda atenção e disponibilidade da equipe para o trabalho realizado, especialmente representada pelas equipes de José Evandro Pinto – Gerente de Produção e Mauro Bicalho – Gerente de Desenvolvimento de Produtos; a toda a equipe técnica da CSN envolvida no projeto, especialmente às equipes gerenciadas por Rafael Garcia Lopez, Ideal Peres Frances, Tome Moreira de Alvarenga Neto e Sidnei Gomes Itaborahay; À DOW Química por ter apresentado à CSN todas as infinitas possibilidades da utilização de poliuretano combinado com aço.

REFERÊNCIAS

- 1 BRITO, R. M.; Sabioni, N. C.; Moraes, J. J.; Marcelo, C. J.; “Aços planos de alta resistência mecânica-alternativa para redução de peso de carrocerias de automóveis”; 31nd Seminário de Laminação ABM, Juiz de Fora, Brasil, 1994.
- 2 Carvalho, S. C. ; Tolomelli, F. T. S.; Fonseca, F. A. V.; Arantes, A.S.; Zwirman, N. C. S. B.; Larcher, N. V.; Barroso, D. S., PADRAO 500443 - **Desenvolvimento de um novo produto na CSN- Padrao 500443**- revisão 7, 2009.
- 3 <http://www.itatiaiamoveis.com.br/-18:24h-01/03,2010-03-01>
- 4 BRITO, R. M; ” Aspectos Microestruturais e Propriedades Mecânicas de Aço Baixo Carbono Acalmados ao Alumínio Submetido ao Recozimento Contínuo” Tese de Doutorado, COPPE/UFRJ, 1989.
- 5 MONTEIRO, B. O; ZWIRMAN, N. C. S.; CURADO, L. H; “Caracterização de aço laminado a frio para adequação ao uso de LF para móveis de aço” relatório técnico Centro de Pesquisas CSN 025/09, , Volta Redonda, Brasil, 2009.