

“DESENVOLVIMENTO DE AÇOS CST PARA RODAS AUTOMOTIVAS” (1)

Charles de Abreu Martins⁽²⁾
Marco Antônio Barbosa Sena⁽²⁾
Ricardo Porto⁽²⁾
Vanessa Gomes Santana⁽²⁾
Airim Maria de Souza Duque Martins⁽³⁾
Aislan Francisco Leite Costa⁽⁴⁾
Renato Diniz Carvalho⁽⁵⁾

RESUMO

A Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST) iniciou o funcionamento de seu Laminador de Tiras a Quente em setembro de 2002. A partir daí, a empresa estabeleceu um plano de desenvolvimento de especificações para segmentos definidos como estratégicos, dentre eles o de autopeças. Uma publicação da CST no 59º Congresso Anual da ABM apresentou o desenvolvimento de aços para rodas automotivas atingido em 2003, que ocorreu partindo-se de aços para rodas pesadas. Porém, em 2003, o desenvolvimento se limitou aos aços ao carbono, onde a evolução foi focada na busca de especificações com qualidade superficial e na obtenção de menor variabilidade de parâmetros de processo. O presente trabalho apresenta a evolução no desenvolvimento na CST de aços para rodas automotivas a partir de dezembro de 2003, onde se consolidou o desenvolvimento de rodas pesadas e partiu-se para a produção de aços ao carbono e de alta resistência microligados para rodas leves, mantendo-se alta qualidade superficial e homogeneidade de comportamento ao longo das bobinas. A continuidade no desenvolvimento de aços para rodas, através da utilização de composições químicas modernas e técnicas de tratamento termomecânico, tem ocorrido com sucesso nos clientes, permitindo à CST alavancar importante participação no mercado nacional.

Palavras-chave: rodas automotivas, laminados a quente, aços microligados.

(1) Contribuição Técnica ao 41º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 26 a 28 de outubro de 2004, Joinville-SC.

(2) Especialistas do Departamento de Metalurgia e Planejamento da Produção da Companhia Siderúrgica de Tubarão.

(3) Consultora da Companhia Siderúrgica de Tubarão.

(4) Especialista do Departamento de Laminação da Companhia Siderúrgica de Tubarão.

(5) Especialista do Departamento de Vendas da Companhia Siderúrgica de Tubarão.

1. INTRODUÇÃO

O esforço da indústria automobilística em utilizar materiais mais leves originou a utilização de aços de alta resistência e baixa liga (ARBL) para a produção de rodas. Esse esforço veio no sentido de garantir aos veículos maior durabilidade, segurança, resistência ao impacto, além de reduzir a emissão de poluentes.

Os ganhos em resistência mecânica, tenacidade e soldabilidade tornam-se possível através da combinação do uso de microligantes com um tratamento termomecânico adequado. As melhorias nas propriedades mecânicas ocorrem principalmente devido ao refinamento do tamanho de grão ferrítico final, juntamente com um controlado endurecimento por precipitação.

O segmento de rodas automotivas é bastante atrativo devido ao fato de ter alto consumo anual, além de aplicar aços que possuem alto valor agregado.

A partir disso, a CST decidiu iniciar o desenvolvimento de aços para atendimento ao segmento de autopeças, objetivando aplicações em rodas automotivas e componentes de chassis, principalmente longarinas e travessas.

O plano de desenvolvimento foi elaborado considerando duas premissas básicas: 1) Estabelecer ordem de desenvolvimento considerando as necessidades dos clientes; 2) Esta ordem seria em escala crescente de complexidade, elevando o grau de dificuldade somente após resultados bem sucedidos de processamento no cliente [1].

Para os clientes de rodas automotivas, iniciou-se em janeiro de 2003 o desenvolvimento de aços para aplicação em roda pesada (para caminhonetes, caminhões, tratores e fora de estrada), garantindo em relação à dimensão e forma, o estabelecido nas normas brasileiras, seguido do desenvolvimento de aços para rodas leves.

Em 2003, houve o desenvolvimento dos aços CST B015, CST B340 (espessuras maiores que 5,0 mm) com resultados aprovados nos clientes.

Em 2004, consolidou-se o desenvolvimento realizado em 2003, assim como se iniciou a produção de aços para rodas leves, não somente de aços ao carbono, mas também dos microligados.

Para aplicação em rodas leves tem-se o aumento da complexidade dos aços, visto que se exige superior qualidade superficial, conformabilidade e soldabilidade, com faixas mais estreitas de propriedades mecânicas, quando comparadas com rodas pesadas.

Assim, este trabalho apresenta o desenvolvimento de aços para a aplicação em rodas ocorrido na CST em 2004, através da utilização de composições químicas modernas e técnicas de tratamento termomecânico.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

A metodologia estabelecida foi de desenvolver os aços em escala crescente de complexidade, considerando as demandas do mercado; elevando o grau de dificuldade somente após resultados bem sucedidos de processamento no cliente da especificação anterior.

A partir disso, iniciou-se o desenvolvimento em escala industrial no laminador de tiras a quente da CST da especificação CST B340, seguido do desenvolvimento do CST B390. Ambos os aços são ao carbono, com espessuras menores ou iguais a 5,00 mm.

Como os resultados foram bem sucedidos na produção na CS, assim como no cliente, iniciou-se o desenvolvimento da especificação CST B480, cujo aço é microligado ao nióbio. A tabela 1 apresenta a composição química proposta para o desenvolvimento dos três aços.

O desenvolvimento de cada uma das três especificações citadas iniciou-se com a produção de 150 t, seguida de processamento no cliente e análise dos resultados obtidos.

A caracterização das bobinas produzidas foi realizada através de três ensaios de tração, longitudinal à direção de laminação, determinando-se os valores de limite de escoamento (LE), limite de resistência (LR) e alongamento (AL). Além disso, realizou-se três testes de dobramento a 180°, transversal à direção de laminação, e análise metalográfica, identificando-se constituintes, e tamanho de grão.

Tabela 1 – Composições químicas estabelecidas para os aços desenvolvidos para rodas (% em peso).

AÇO	%C	%Si	%Mn	%P	%S	%Al	% Nb
CST B340 (esp. ≤ 5,0 mm)	0,08 a 0,12	0,10 máx.	0,30 a 0,60	0,025 máx.	0,015 máx.	0,010 a 0,045	-
CST B390 (esp. ≤ 5,0 mm)	0,13 a 0,17	0,10 máx.	0,40 a 0,80	0,025 máx.	0,015 máx.	0,010 a 0,045	-
CST B480	0,08 a 0,12	0,04 a 0,12	0,80 a 1,20	0,025 máx.	0,010 máx.	0,010 a 0,045	0,020 a 0,050

O projeto de liga estabelecido visou o atendimento dos valores definidos para estas especificações, que se encontram na tabela 2.

Quanto à qualidade superficial, para atendimento dessas especificações, foi necessária a obtenção do nível S1 da norma NBR 11888.

Tabela 2 – Propriedades mecânicas exigidas para os aços desenvolvidos para roda.

AÇO	LE (MPa)	LR (MPa)	ALONGAMENTO (%) ($l_0 = 50 \text{ mm}$)	DOBRAMENTO (180°)
CST B340 (esp. $\leq 5,0 \text{ mm}$)	220 a 340	340 a 450	28 mín.	1 x esp.
CST B390 (esp. $\leq 5,0 \text{ mm}$)	240 a 340	390 a 520	24 mín.	1,5 x esp.
CST B480	410 a 510	480 a 580	22 mín.	0,5 x esp.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos nos ensaios de tração e dobramento, assim como aqueles obtidos na análise metalográfica estão nas figuras 1 a 4, sendo que as considerações a respeito desses resultados estão apresentadas neste capítulo.

Em relação ao ensaio de tração, as figuras 1 a 3 apresentam os resultados obtidos nos três aços considerados neste trabalho, assim como os valores máximos e mínimos permitidos.

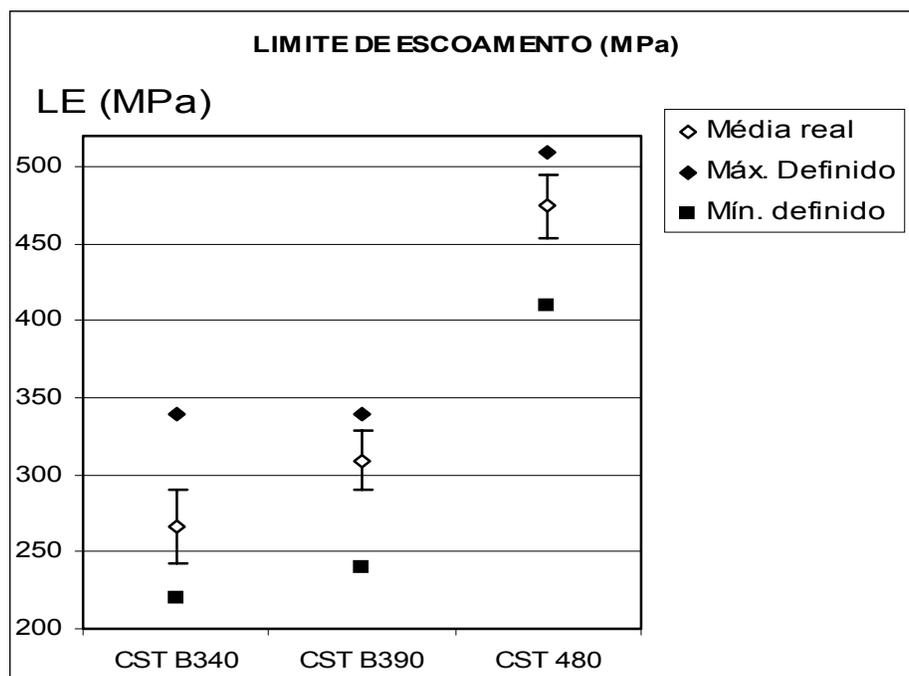


Figura 1 - Resultados de limite de escoamento (MPa) para os aços desenvolvidos.

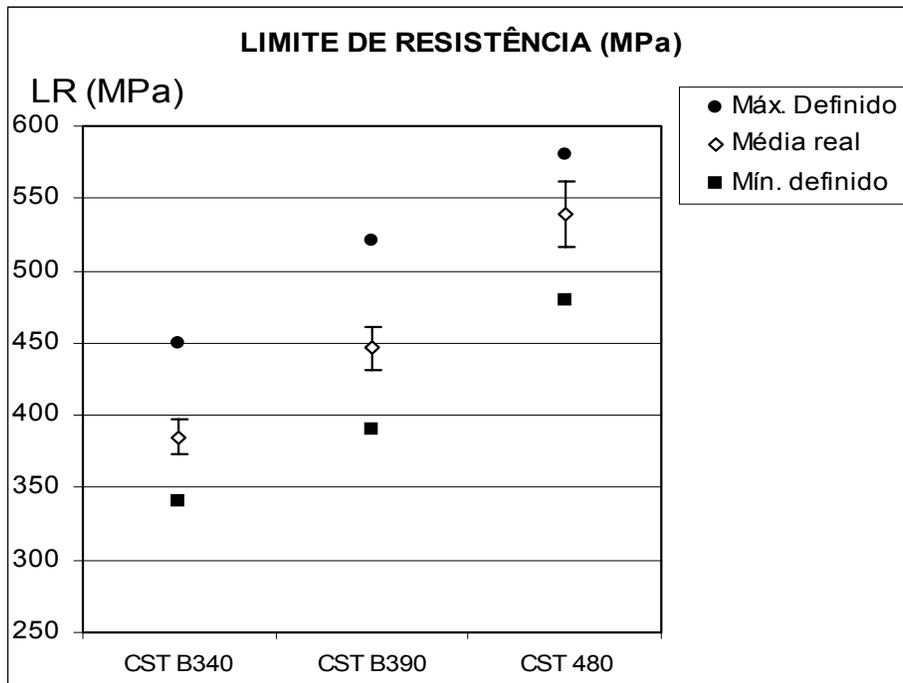


Figura 2 - Resultados de limite de resistência (MPa) para os aços desenvolvidos.

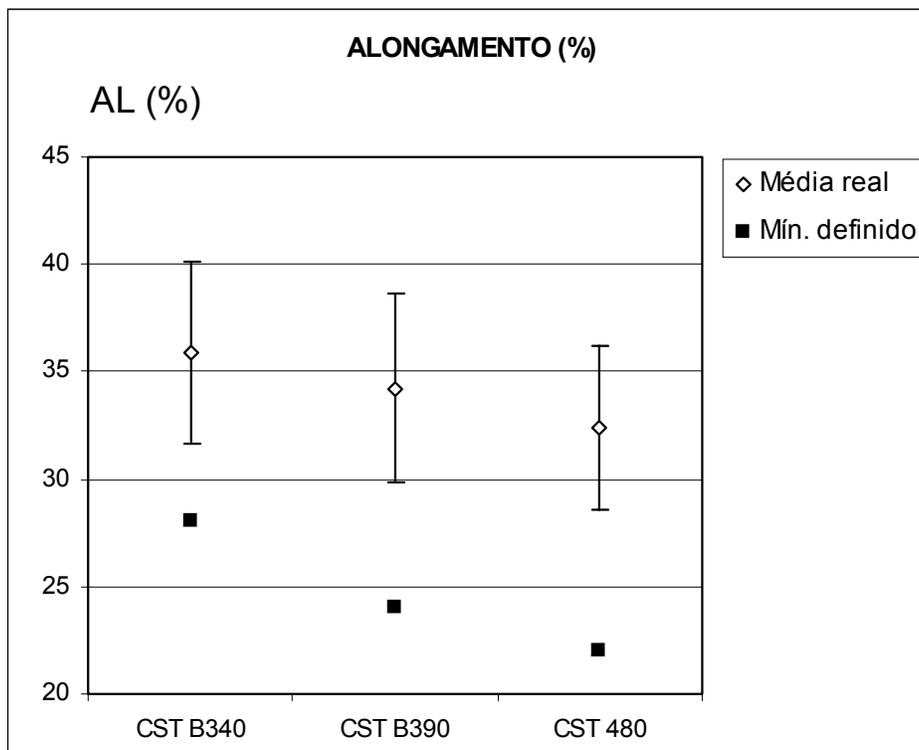


Figura 3 - Resultados de alongamento (%) para os aços desenvolvidos ($l_0 = 50$ mm).

Observa-se nas figuras 1 a 3 que nos 3 aços desenvolvidos, os resultados obtidos nos ensaios de tração encontram-se dentro das faixas definidas nos documentos formais do cliente, com baixa variabilidade.

Pode-se também observar elevação dos valores médios de LE e LR, com ligeira redução de alongamento, a partir do CST B340 para o CST B480.

Isso já era esperado considerando-se que se registra elevação da presença de carbono e manganês quando se compara o CST B340 com o CST B 390, que são elementos que causam endurecimento, principalmente, por solução sólida e por segunda fase.

Já em relação ao CST B480, observa-se, além da elevação do manganês, a presença do nióbio, microligante que causa endurecimento, principalmente, por refino de grão ferrítico e precipitação.

Em relação à análise metalográfica, os resultados se mostraram coerentes com aqueles obtidos nos ensaios de tração, visto que se obteve um significativo refinamento de grão do aço CST B480 em relação ao CST B390 e CST B340, como pode-se observar na figura 4. Todas as amostras apresentaram microestrutura formada por ferrita, perlita e carbonetos.

Para o caso do ensaio de dobramento, todas as amostras foram aprovadas, indicando que os procedimentos empregados na aciaria viabilizaram boa sanidade interna, além de dar uma primeira indicação favorável quanto à conformabilidade dos aços.

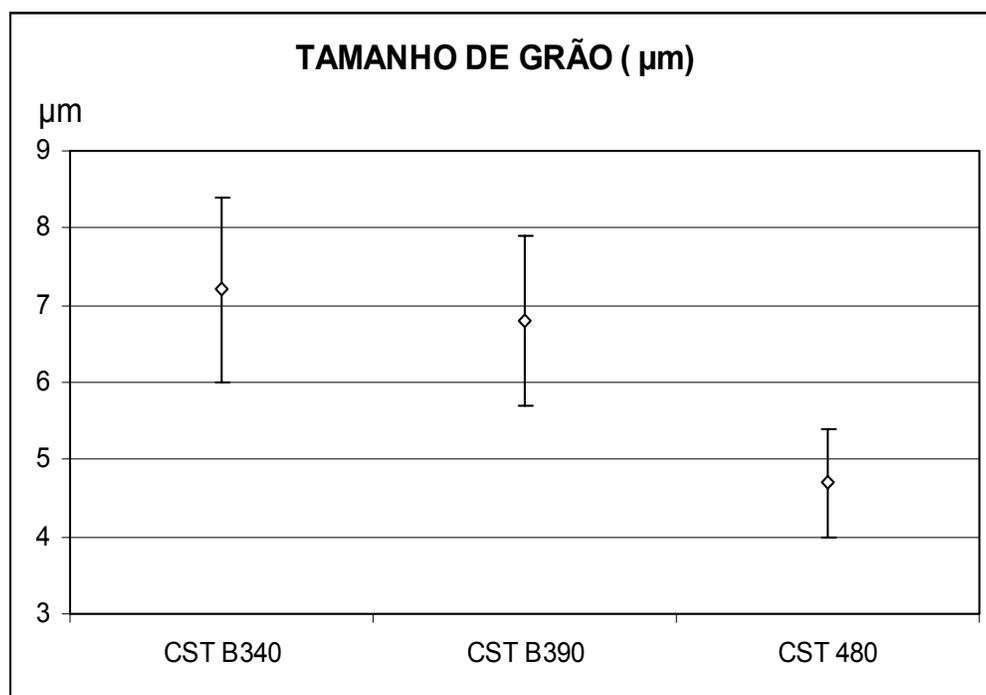


Figura 4 - Resultados de tamanho de grão (μm) para os aços desenvolvidos.

O processamento no cliente dos três aços desenvolvidos apresentou altos níveis de aprovação considerando todos os parâmetros de qualidade críticos: superfície, forma, propriedades mecânicas, dimensão, soldabilidade e resistência à fadiga.

4. CONCLUSÕES

A partir dos resultados experimentais obtidos, as seguintes conclusões podem ser apresentadas:

- Os projetos de qualidade propostos atenderam ao objetivo, visto que todos os requisitos definidos para cada especificação foram atendidos, assim como os resultados nos clientes foram aprovados;
- A elevação dos valores de limite de escoamento e de limite de resistência, quando compara-se os aços CST B340 e CST B390, pode ser explicada pela adição de carbono e manganês, que são elementos tipicamente utilizados para elevação de resistência mecânica, por causarem endurecimento, principalmente, por solução sólida e por segunda fase;
- A elevação dos valores de limite de escoamento e de limite de resistência, quando compara-se os aços CST B340 e CST B480, pode ser explicada pela adição de nióbio e manganês. O nióbio, por ser um microligante que causa endurecimento, principalmente, por refino de grão e precipitação. Já o manganês por causar endurecimento por solução sólida;
- A análise metalográfica apresentou resultados coerentes com os obtidos nos ensaios de tração, por confirmar o efetivo efeito de refinamento de grão obtido pelo nióbio no aço CST B480, quando comparado com os aços CST B340 e CST B390.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1- LAZZARI V.L., MARTINS C.A., AMORIM L.R.A., et al, *CST Methodology for product development during HSM rating up*, Association *Technique de la Sidérurgie Française – ATS* (dez/2003 , Paris – França) e publicado no *Journées Sidérurgiques Intenationales – ATS 2003*.
- 2- DEARDO, A. J. et al. *Thermomechanical Processing of Microalloyed Steels: From The Hot Mill Through the Cold Mill. Jamshedpur, India, Asia International Conference – 2003*.
- 3- MARTINS, C. A. et al. Desenvolvimento de Aço Microligado para uso em Rodas Automotivas. Juiz de Fora, Seminário de Laminação-ABM, 1994.
- 4- MARTINS, C. A. et al. Estudo do Efeito de Elementos Microligantes nas Propriedades Mecânicas de Aços para Roda Automotiva. São Paulo, Congresso Internacional de Tecnologia Metalúrgica e de Materiais, 1994.
- 5- TAMURA, I., et al. *Thermomechanical Processing of High Strength Low Alloy Steels. London, Butterworths, 1988*.

“DEVELOPMENT OF STEELS FOR AUTOMOTIVE WHEELS BY COMPANHIA SIDERÚRGICA DE TUBARÃO”⁽¹⁾

Charles de Abreu Martins⁽²⁾
Marco Antônio Barbosa Sena⁽²⁾
Ricardo Porto⁽²⁾
Vanessa Gomes Santana⁽²⁾
Airim Maria de Souza Duque Martins⁽³⁾
Aislan Francisco Leite Costa⁽⁴⁾
Renato Diniz Carvalho⁽⁵⁾

ABSTRACT

Companhia Siderúrgica de Tubarão (CST) started up its Hot Strip Mill on September 2002. From that on, CST defined a development plan for strategic segments, such as auto parts. So, on January 2003, CST started automotive wheels components steels development. In a first step, carbon steels for heavy wheels were developed. As good results were reached, CST started on December 2003, the development of steels for light wheels, including high strength low alloy ones. So, this present work shows that using modern chemical compositions and thermomechanical processing, CST's development program allowed it to supply different specifications of steels for light wheels.

Key words: automotive wheels, hot rolled steels, microalloyed steels.

(1) Technical report to 41^o Rolling Seminar – Processes, Rolled and Coated Products, 26 - 28 of October, 2004, Joinville-SC.

(2) Specialist, Metallurgy Department of Companhia Siderúrgica de Tubarão.

(3) Consulter, Companhia Siderúrgica de Tubarão.

(4) Specialist, Rolling Department of Companhia Siderúrgica de Tubarão.

(5) Specialist, Sells Department of Companhia Siderúrgica de Tubarão.