

OTIMIZAÇÃO DA ESPECIFICAÇÃO NBR 6665 T65 PARA A PRODUÇÃO DE FOLHAS METÁLICAS COM ESPESSURA MAIOR QUE 0,25 MM¹

Sidnei Gomes Itaboray²
Carlos Agenor Onofre Cabral Costa³
Tomé Moreira de Alvarenga⁴
Eduardo Amorim Mota⁵
João Antônio Itaboray⁶
Paulo Roberto Campissi de Souza⁷
Marcos Delane de Souza⁸

Resumo

O presente trabalho descreve a otimização da especificação NBR 6665 T65 para a produção de folhas metálicas com espessura maior que 0,25 mm e o atendimento do mercado de latas de tinta de 18 litros.

Palavras-chave: Latas de tinta; Folhas metálicas.

IMPROVEMENT IN THE PRODUCTION OF THE TIN PLATE NBR 6665 T65 WITH THICKNESS HIGHER THEN 0,25 MM

Abstract

This work show the results of the improvement in the production of the tin plate T65 with thickness higher then 0,25 mm to attend the can of ink market in Brazil.

Key words: Tin plate.

¹ *Contribuição técnica ao 44º Seminário de Laminação – Processos e Produtos Laminados e Revestidos, 16 a 19 de outubro de 2007, Campos do Jordão – SP, Brasil.*

² *Engenheiro Metalúrgico, MSc Engenharia de Produção, Coordenador de Projetos Especiais, GLP – CSN.*

³ *Engenheiro Químico, MSc. Engenharia de Materiais, Especialista em Atendimento Técnico, GXE – CSN.*

⁴ *Engenheiro Metalúrgico, MSc. Engenharia Metalúrgica, Coordenador de Projetos Especiais, GLP – CSN.*

⁵ *Engenheiro Metalúrgico, MSc. Engenharia de Materiais, Engenheiro de Produção Sênior, GNR – CSN.*

⁶ *Engenheiro Metalúrgico, Especialista em Atendimento Técnico, DUM/BEM – CSN.*

⁷ *Engenheiro Metalúrgico, Coordenador de Projetos Especiais, GPD-CSN.*

⁸ *Engenheiro Metalúrgico, Engenheiro de Desenvolvimento Sênior – GLP – CSN.*

INTRODUÇÃO

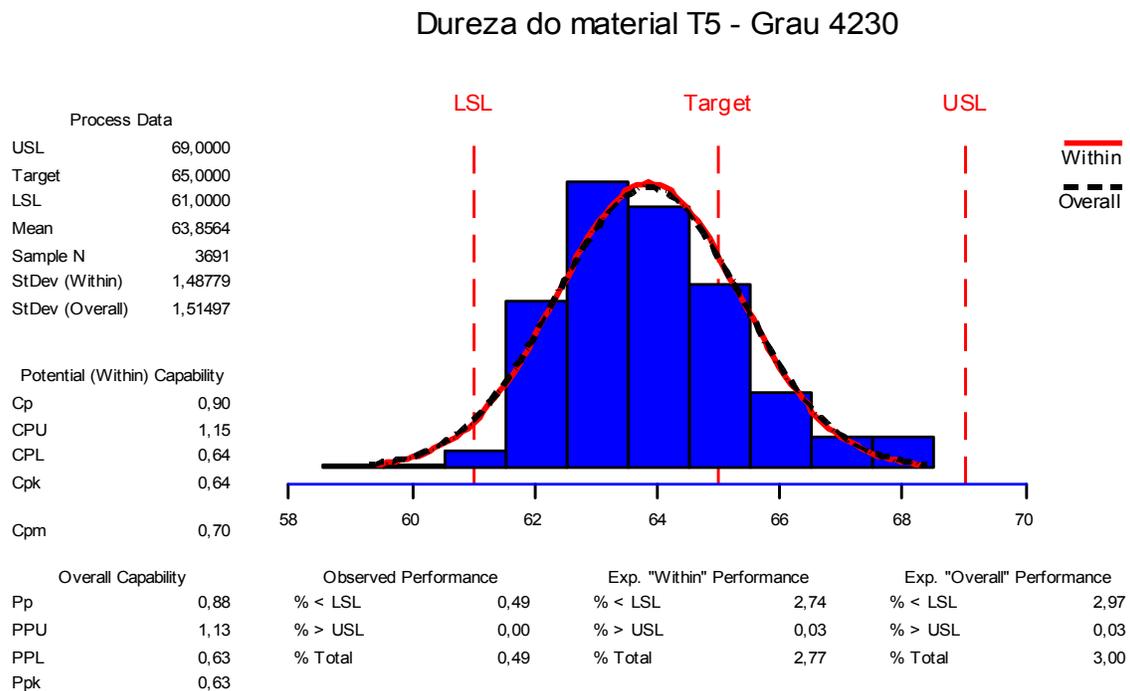
Este trabalho apresenta os resultados experimentais e de campo da otimização da especificação NBR 6665 T65 visando ao atendimento do mercado interno e externo, e em especial ao mercado de latas de tinta de 18 litros.

Com a estabilidade econômica, ocorreu a diminuição de alíquotas de impostos e também o aumento da utilização de insumos de construção civil, tais como: cimento, pedra, areia, argamassa, tintas e etc... Vislumbrou-se uma oportunidade de aumento de mercado nos setores de produção primária tais como mineração e siderurgia.

É com esta visão que este trabalho vem ao encontro da necessidade da CSN de produzir um aço com melhores condições de margem e também de desenvolver uma solução para o problema de amassamento encontrado pelos produtores de latas de 18 litros e os envasadores.

O problema

O primeiro problema evidenciado na especificação T65 é que não tínhamos o aço desenvolvido com atendimento adequado aos limites de especificação da norma. Este fato fica evidenciado no gráfico da Figura 1.



Fonte : Laboratório de Folhas Metálicas CSN

Figura 1: Atendimento de material T65 com grau 4230

Devido a limitação deste grau no atendimento às necessidades dos clientes, foram criadas ressalvas no manual de produtos autorizados em que nas dimensões

entre 0,25 mm e 0,30 mm poderíamos liberar durezas de até 58 HRB, sendo isto informado ao cliente antes da aceitação da encomenda. O resultado é que diversas encomendas não foram atendidas devido às limitações de processo. Outro fator que inibia o uso deste grau de aço era seu custo mais elevado, já que se tratava de um aço nitrogenado via RH com uma baixa produtividade neste equipamento, com um número de corridas limitadas no lingotamento contínuo e com dificuldades de aplicação das placas de mistura.

Baseados nestas limitações da especificação T65 decidimos atender alguns clientes com a especificação T61, aço baixo carbono (0,03% a 0,05%), com limite de dureza entre 57 HBR e 65 HRB. Um destes casos de atendimento com a especificação T61 era o setor de fabricação de latas de tinta de 18 litros.

Esta aplicação resultou em outro problema para nossos clientes produtores de embalagens metálicas e envasadores finais, que foi o amassamento destas latas nas etapas de produção e na perda de latas até já envasadas.

A fim de resolvermos estes problemas criamos uma equipe com a participação do Centro de Pesquisas, Área de processos e produção da Aciaria e Folhas Metálicas em conjunto com Vendas com o objetivo de desenvolver uma composição química de aço C-Mn que atenda os requisitos de qualidade da norma e permita a aplicação no segmento de lata de tinta de 18 L, sem acréscimo de preço para o cliente e aumento de perdas para a CSN.

METODOLOGIA

A metodologia aplicada neste trabalho é a Metodologia de Desenvolvimento de Novos Produtos da Gerência de Pesquisa e Desenvolvimento da CSN. As principais etapas neste trabalho foram:

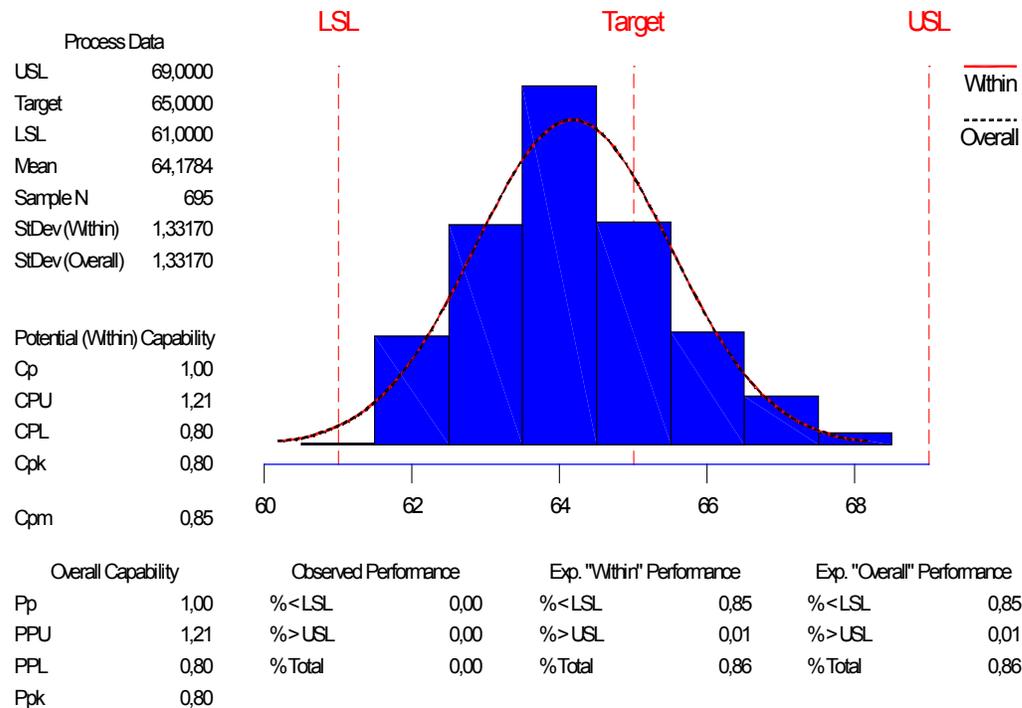
- Análise do material atualmente em uso – resultados na Usina Presidente Vargas (UPV) e das latas no campo;
- Desenvolvimento de uma alternativa com aço C-Mn, baseada em modelos computacionais e nos mecanismos de endurecimento;
- Desenho do processo com definição do tratamento termo mecânico, taxa de resfriamento no Armazém de Bobinas a Quente, taxa de redução a frio e ciclo térmico na Linha de Recozimento Contínuo;
- Teste nos envasadores;
- Caracterização das latas; E
- Análise dos resultados com base estatística.

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A especificação T65 era atendida com um grau que tinha como principal elemento endurecedor o nitrogênio, a fim de desenvolvermos a especificação T65 tivemos duas fases com focos distintos.

Na primeira, a fim de atender o mercado externo utilizamos um aço com teor de carbono da ordem de 0,01% acima do anteriormente praticado, sendo ainda um aço nitrogenado com teor de N 0,004% acima. Os resultados obtidos com esta modificação são mostrados no gráfico da Figura 2.

Dureza do material T5 - Grau 4200



Fonte : Laboratório de Folhas Metálicas CSN

Figura 2: Atendimento de material T65 com grau 4200

A análise comparativa dos resultados deste desenvolvimento com o grau anterior (4230), nos mostra uma melhora em relação ao deslocamento da distribuição, com menor dispersão e decréscimo de pontos abaixo na performance esperada de 3,00% para 0,85%. O problema que nos levou a não adotarmos esta solução para a aplicação de lata de tinta de 18 l é que teríamos que continuar com a rota RH.

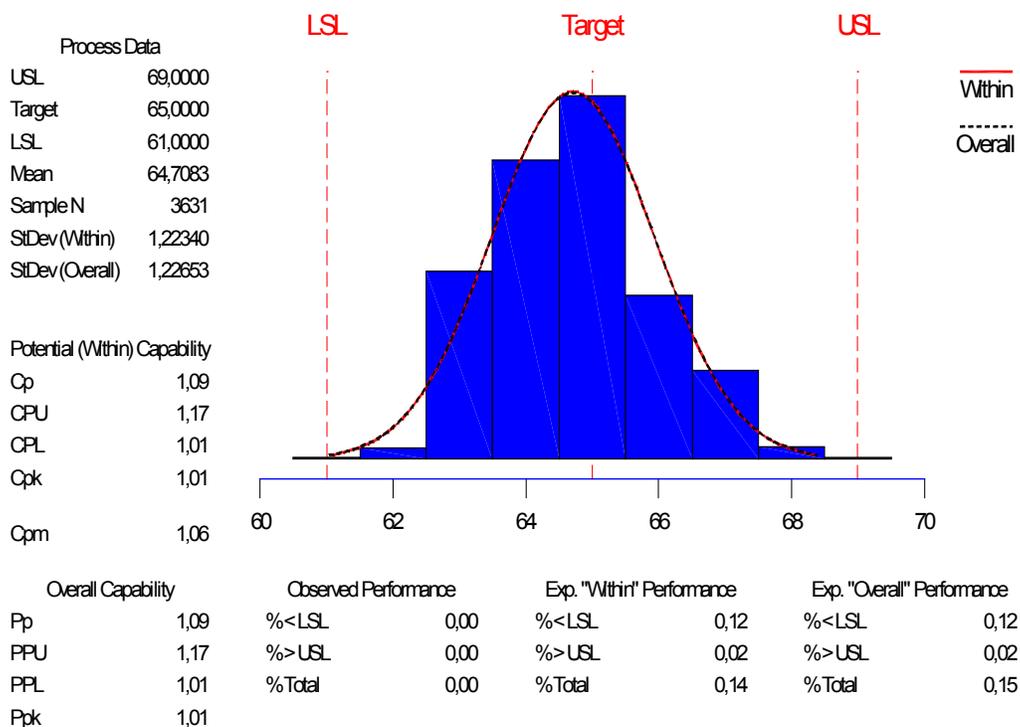
Baseados então nos resultados com este grau aplicamos um novo grau, este sim para aplicação no mercado de lata de tinta de 18 l, com base C-Mn não nitrogenado. Para tanto aumentamos o teor de carbono na ordem de 0,03% e o teor de Mn em 0,1%. O Quadro 1 apresenta as principais alterações de composição da especificação T65 na faixa de espessura entre 0,25 mm e 0,30 mm. Os resultados do desenvolvimento com o aço C-Mn são apresentados na Figura 3.

Quadro 1: Principais elementos dos aços utilizados e suas variações.

	4230	Nitrogenado	C-Mn
C	0,08	0,09	0,11
Mn	0,4	0,4	0,5
N	0,004 - 0,008	0,008 - 0,012	0 - 0,008

Fonte: Folha de Especificação de Aços – FEA/CSN.

Dureza do material T5 - Grau 2610



Fonte : Laboratório de Folhas Metálicas CSN

Figura 3: Atendimento de material T65 com grau 2610

A análise comparativa dos resultados deste desenvolvimento com o grau anterior (4230), nos mostra uma melhora em relação ao deslocamento da distribuição, com menor dispersão e decréscimo de pontos abaixo na performance esperada de 3,00% para 0,12%. A centralização dos resultados com uma média de 64,7 HRB em comparação com 63,8 HRB do grau 4230, elevou os índices de capacidade, sendo:

- Cp do 4230 – 0,90 e do grau C-Mn de 1,09;
- Cpk do 4230 – 0,64 e do grau C-Mn de 1,01.

A melhora dos índices de capacidade de atendimento da especificação, mostra - nos um bom indicador do desempenho em campo do aço desenvolvido, mas a fim de confirmarmos os resultados realizamos diversas caracterizações no campo (clientes), a fim de comparar os resultados das latas produzidas com a especificação T61 e das latas produzidas com a especificação T65.

Na primeira caracterização desenvolvemos o estudo baseado em três latas, sendo duas latas dos atuais fornecedores do envasador e uma lata antiga, conforme Figura 4.



Figura 4: Latas testadas, as duas primeiras são de envasadores atuais e a terceira é uma amostra histórica fornecida pelo envasador.

O resultado desta caracterização é apresentado no Quadro 2.

Quadro 2: Caracterização de propriedades mecânicas de latas de 18l.

Amostra		Esp. (mm)	Dureza HR30T	Esp.Tra	LE (MPa)	LR	Along.	Carga (Kgf) Compressão
Fornecedor A	Tampa	0,244	62,8	-----	-----	-----	-----	929
	Corpo	0,283	64,0	0,282	424	442	9	
	Fundo	0,282	62,8	-----	-----	-----	-----	
Fornecedor B	Tampa	0,275	61,7	-----	-----	-----	-----	898
	Corpo	0,285	63,8	0,281	420	447	18	
	Fundo	0,279	61,7	-----	-----	-----	-----	
Desconhecida	Tampa	0,281	64,0	-----	-----	-----	-----	669
	Corpo	0,249	64,0	0,240	426	445	27,4	
	Fundo	0,27	64,0	-----	-----	-----	-----	

Fonte: Laboratório da Pesquisa da CSN.

Esta primeira análise nos permite verificar que a aplicação com a especificação T61 atual apresenta melhores resultados de resistência à compressão que a lata histórica fornecida pelo envasador. Apesar disto os resultados relativos ao amassamento de latas ainda é insatisfatório.

Numa segunda etapa combinamos com os produtores de latas o envio de materiais T65 com o aço C-Mn desenvolvido, a fim de avaliar se houve ou não o aumento da carga de compressão, permitindo assim a partir da maior resistência do aço um menor índice de amassamento das latas. No Quadro 3 apresentamos a caracterização das latas produzidas com este aço.

Quadro 3: Caracterização das latas de 18l produzidas com aço C-Mn.

		Corpo								Carga Comp.(Kgf)
		Esp. (mm)	LE (MPa)	LR (MPa)	Along. (%)	Dureza (HR30T)	Metalografia			
							Ferrita	Cementita	TG	
SVT	Media	0,281	411	429	21,6	64,1	GFP ⁽¹⁾	CGFDA ⁽²⁾	>12	954
	Desvio	0,005	10,8	8,8	4,1	0,88	(1)- Grão Ferríticos Poligonais			102
	Maximo	0,288	436	448	27,8	65,3	(2)- Cementita Globular Fina			1255
	Minimo	0,271	386	406	11,2	61,8	Disposta em Alinhamento			692

		Tampa		Fundo		Metalografia Tampa e Fundo		
		Esp. (mm)	Dureza (HR30T)	Esp. (mm)	Dureza (HR30T)	Ferrita	Cementita	TG
Tampa Fundo	Media	0,254	64,1	0,267	64,3	GFP ⁽¹⁾	CGFDA ⁽²⁾	>12
	Desvio	0,015	1,43	0,004	0,74	(1)- Grão Ferríticos Poligonais		
	Maximo	0,278	67,2	0,275	65,5	(2)- Cementita Globular Fina		
	Minimo	0,230	56,3	0,259	62,7	Disposta em Alinhamento		

		Rev. Interno([Sn]=g/m ² / [Cr]=mg/m ²)				Rev. Externo([Sn]=g/m ² / [Cr]=mg/m ²)			
		Sn Livre	C. Liga	Sn Total	Cr met.	Sn Livre	C. Liga	Sn Total	Cr met.
		SVT	Media	1,8	1,1	2,9	87,3	1,4	1,0
Desvio	0,24		0,15	0,27	9,7	0,33	0,16	0,44	9,6
Maximo	2,6		1,4	3,7	112,9	2,0	1,4	3,2	124,4
Minimo	1,2		0,8	2,0	69,3	0,9	0,8	1,8	64,3

Fonte: Laboratório da Pesquisa da CSN.

Baseado nos resultados de campo das latas de 18 litros produzidas com a especificação T61 e T65, alimentamos nosso modelo de simulação a fim de definir o comportamento esperado de cada especificação. O quadro 4 apresenta estes resultados:

Quadro 4: Simulação baseada nos dados de campo.

Simulação

Especificação atual:NBR 6665 - T61 - 0,28 mm

	Dureza HR30T	Esp. (mm)	LE (Mpa)	LR (Mpa)	RE	Carga Média (Kgf)	Simulação (Kgf)	Erro
Média	64,1	0,281	411	428	0,96	954	1007	5,5%
Maximo	65,3	0,288	436	448	Análise de	Melhor Caso	1174	
Minimo	61,8	0,271	386	406	Sensibilidade	Pior Caso	814	

redução para lata, sem finais,

Nova especificação:NBR 6665 - T65 - 0,28 mm

	Dureza (1) HR30T	Esp. (mm)	LE (Mpa)	LR (Mpa)	RE	Simulação (Kgf)
Média(1)	68,0	0,281	431	449	0,96	Carga Média 1094
Maximo(1)	69,2	0,288	456	475	Análise de	Melhor Caso 1262
Minimo(1)	65,7	0,271	406	423	Sensibilidade	Pior Caso 901

(1)- Valores previstos

Conclusão da Simulação (análise de sensibilidade):

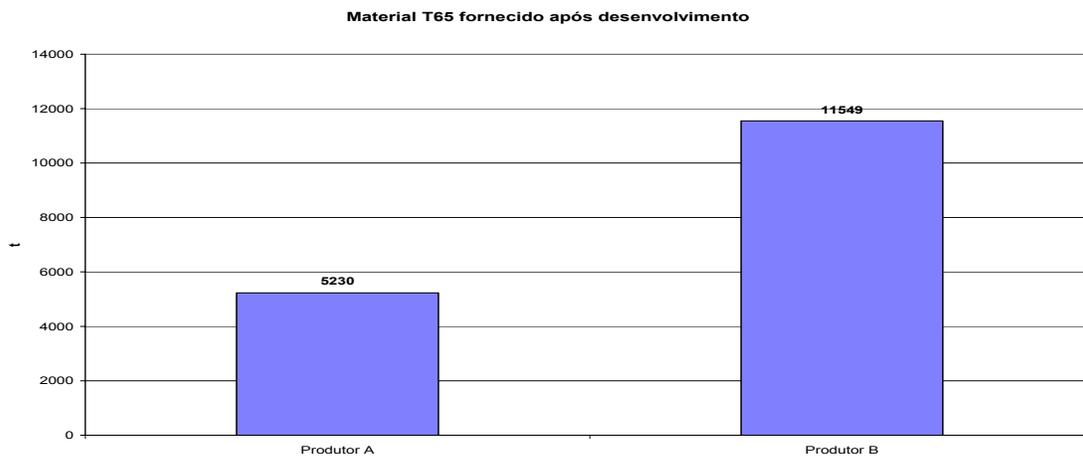
Para aumentar em 100 Kgf a carga de compressão -> Aumentar o LE em 24 Mpa ou Aumentar a espessura em 0,012 mm

Fonte: Engenharia da Pesquisa da CSN.

A avaliação dos resultados de campo aliados à simulação apresentada na Figura 8, nos permite definir os seguintes fatos sobre a utilização do aço C-Mn especificado pelo grupo na fabricação de latas de 18 l:

- O valor médio de carga de compressão aumentou em 90 kgf;
- Os valores de limite de escoamento aumentaram em 20 MPa quando comparados com a especificação T61;
- Trechos com variação de espessura em torno de 0,270 mm, tanto na especificação T61 e T65 apresentaram menor resistência à compressão, sendo necessário o ajuste da espessura nominal para atendimento mean to high.

Após estes testes e o ajustes indicados na simulação mudamos o atendimento ao uso de latas de 18 l para especificação T65 com aço C-Mn. Os volumes atuais produzidos com este aço são apresentados na Figura 5.



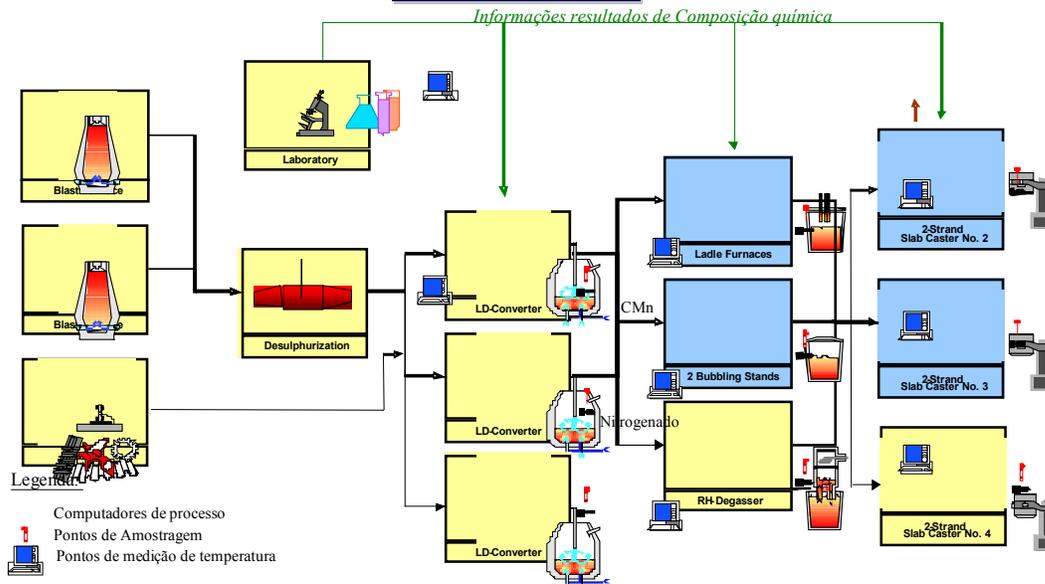
Fonte : Informação da Gerência de Processos da Laminação - CSN.

Figura 5: Produção de material T65 para latas de 18l

Além disso, o problema de gargalo na produção foi resolvido com desenvolvimento do aço C-Mn como podemos ver na Figura 6.



Fluxo de processo



Fonte : Gerência de Processos da Metalurgia - CSN.

Figura 6: Fluxo de produção dos aços T65

CONCLUSÕES

- O desenvolvimento do aço de base CMn para especificação T65, permitiu maior flexibilidade de produção a CSN, apresentando melhores resultados de custo e de aplicação.
- As latas de tinta de 18 litros produzidas com esta nova concepção, apresentaram maiores limites de carga para compressão, o que resultou numa maior resistência ao amassamento.
- O desenvolvimento de um produto com maior resistência à compressão no permitiu ainda junto aos envasadores o desenvolvimento de melhores condições de manuseio, a fim de assegurar o desempenho das latas.
- A aplicação do método estruturado de desenvolvimento de produtos nos permitiu o atendimento dos resultados numa menor bateria de testes, atendendo a urgência deste desenvolvimento para um setor em franco crescimento.

BIBLIOGRAFIA

- 1 W. D. Callister, Materials Science and Engineering. John Wiley, 1997
- 2 William F. Smith, Princípios de Ciência e Engenharia dos Materiais. McGraw-Hill
- 3 Pickering, F.B. Physical Metallurgy and The Design of Steels, Applied Science Publishers Ltd., London, 1978.
- 4 Metodologia de Desenvolvimento de Novos Produtos da Gerência de Pesquisa e Desenvolvimento da CSN