

DESENVOLVIMENTO DE CHAPAS GALVANIZADAS PRÉ-PINTADAS-CSN PARA APLICAÇÃO EM FECHAMENTOS LATERAIS DE ÔNIBUS¹

José Eduardo Ribeiro de Carvalho²

Adriano Scheid²

Antônio Henriques Botelho³

Alberto Nei Carvalho Costa⁴

Willian Ribeiro dos Santos⁵

Resumo

Neste trabalho são apresentadas as principais etapas do desenvolvimento da aplicação de chapas galvanizadas pré-pintadas CSN no fechamento lateral externo de ônibus. Estas etapas incluem a especificação e produção do material galvanizado pré-pintado na CSN-PR, a construção de um sistema de simulação da montagem das laterais que envolve os processos de fixação, aquecimento e aplicação de tensões trativas, simulando a montagem dos ônibus em escala industrial, além dos testes de corrosão para avaliação dos sistemas solicitados e selecionados, realizados conforme critérios do fabricante e finalmente a montagem dos protótipos dos diferentes modelos de ônibus. Com base nos resultados encontrados, foi possível comprovar a viabilidade técnico-econômica da aplicação do aço galvanizado pré-pintado CSN em laterais externas de ônibus, criando uma excelente alternativa de material para substituição do alumínio nessas aplicações.

Palavras-chave: Aço pré-pintado; Ônibus.

DEVELOPMENT OF GALVANIZED PRE-PAINTED STEEL SHEET SUITABLE FOR BUS CLOSING

Abstract

This work aims to present the main steps for product development of Galvanized Pre-Painted steel sheet in bus closing. The steps includes the specification and production of Galvanized and Pre-Painted Steel sheet at CSN-PR, the construction of an assembling simulation system which involved screw practice and heating and tension stress generation, in order to have a similar process to the manufacturing reality. In addition, corrosion performance was evaluated for different painting systems selected as each manufacturer and carried out according standard criterias. Finally, prototypes were assembled, involving the different kind of busses. The results have shown the great technical and economic potencial of use for CSN Galvanized and Pre-Painted Steel Sheet in bus closing, and it created to the automotive an excellent alternative to exchange the expensive aluminum sheet in this end use.

Key words: Galvanized pre-painted steel sheet; Bus; Closing Sheet.

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, M.Sc, Desenvolvimento de produtos Galvanizados e Pre-pintados – CSN.*

³ *Engenheiro Mecânico, M.Sc, Coordenador de laboratórios da Gerência Geral de Desenvolvimento de Produtos- CSN.*

⁴ *Engenheiro Químico, M. Sc, Desenvolvimento de produtos Galvanizados e Pre-pintados – CSN.*

⁵ *Técnico de Desenvolvimento – Laboratório de Corrosão - Gerência Geral de Desenvolvimento de Produtos da CSN.*

1 INTRODUÇÃO

A CSN, na constante busca de novos mercados e mesmo de novas aplicações para o aço, tem desenvolvido um forte trabalho junto ao mercado, nos diferentes segmentos, objetivando sempre ampliar a aplicação e adequação de seus produtos com a redução de custos em toda cadeia, desde a produção do aço líquido até a aplicação final, buscando ganhos econômicos nas etapas de fabricação e também para os usuários finais do aço.

Esse trabalho, que envolve uma forte interação entre as áreas de engenharia dos clientes e desenvolvimento de produtos da CSN, constitui um exemplo típico da prática de engenharia simultânea que visa, além da venda do produto, o fornecimento da melhor solução para o cliente. Como resultado bem sucedido desse modelo de atuação a CSN pode destacar, entre outros, o desenvolvimento da aplicação de aço galvanizado pré-pintado em fechamentos laterais externos de ônibus.

O trabalho foi iniciado simultaneamente com as principais empresas de carrocerias de ônibus visando a criação de soluções em montagem de diferentes modelos. Neste trabalho, serão apresentadas as principais etapas do desenvolvimento da aplicação de chapas galvanizadas pré-pintadas CSN em fechamentos laterais externos de ônibus. Estas etapas incluem a especificação e produção do material galvanizado pré-pintado na CSN-PR, a construção de um sistema de simulação da montagem das laterais, que envolve os processos de fixação, aquecimento e aplicação de tensões trativas, simulando a montagem do ônibus em escala industrial, além de testes de corrosão para avaliação dos sistemas solicitados e selecionados, realizados conforme critérios dos fabricantes com apoio da CSN e, finalmente, a montagem dos protótipos dos diferentes modelos de ônibus.

2 METODOLOGIA EXPERIMENTAL, TESTES E RESULTADOS

As principais etapas, consideradas necessárias para avaliação da viabilidade técnica da utilização do aço pré-pintado da CSN em laterais de ônibus, foram definidas em conjunto com os fabricantes de ônibus e com os fornecedores dos sistemas de pintura. Foi então elaborado um plano de avaliação, que considerou não somente os testes de montagem das chapas laterais, como também os testes de corrosão, necessários para obtenção das garantias requeridas pela aplicação, no que se refere à durabilidade do novo sistema. O plano de avaliação foi então implementado, e seguiu as etapas apresentadas a seguir.

2.1 Especificação e Fabricação do Material Galvanizado Pré-Pintado na CSN-PR

A partir da análise das dimensões das chapas de alumínio utilizadas e de suas características mecânicas, foi definido em conjunto com o cliente a especificação do aço Pré-Pintado a ser testado. Tendo em vista a necessidade de resistência mecânica superior face a redução da espessura, a especificação mais conveniente foi então definida como o aço Galvanizado qualidade estrutural média com espessura de 0,65mm, atendendo à norma NBR 7008 ZAR280 com revestimento Z275. O material foi então produzido na CSN-PR partindo de uma bobina a quente (BQ) nas dimensões 2,66 x 1520 mm. A BQ seguiu então o fluxo normal de processamento, passando pelo

laminador de tiras a frio, linha de Galvanização contínua, linha de Pré-Pintura e corte. Todas as características do material, tanto do substrato (aço galvanizado) quanto da camada de tinta, foram plenamente atendidas.

Na linha de Pintura Contínua (Coil Coating), o material foi processado conforme as etapas seguintes:

Pré-tratamento: Neste etapa, a bobina é submetida às seções de pré-limpeza alcalina, limpeza eletrolítica e, em seguida, à fosfatização e aplicação de passivador (selante),

a) **Coaters:** A segunda etapa inicia-se com a aplicação de “Primer” nas duas faces, seguido de cura em estufa. A tira revestida com “Primer” retorna então à seção dos coaters onde é aplicado o “Top Coat” ou camada de pintura de acabamento seguido de cura em estufa. Ambos “Primer” e “Top Coat” são constituídos por polímero à base de Poliéster.

b) **Inspeção e Aplicação de Filme Protetivo:** Após a pintura, o material é submetido aos testes de liberação envolvendo inspeção visual e testes físicos. Os requisitos de cura, cor, espessura das camadas de revestimento orgânico (“Prime” e “Top Coat”), aderência em impacto reverso e dobramento são avaliados. Antes do bobinamento da tira Pré-Pintada é aplicado um filme protetivo de polietileno que protege o produto durante o manuseio, conformação mecânica e processos de manufatura posteriores aos quais o produto será submetido.

2.2 Sistema de Simulação em Laboratório e Montagem de Laterais Externas na Linha de Montagem de Ônibus

Numa linha de fabricação de ônibus, em geral, todas as chapas das laterais externas - chapeamento lateral - são fixadas na estrutura em aço tubular e constitui a última etapa de montagem, antes da pintura.

A montagem das laterais inicia-se pela fixação das mesmas em uma extremidade, por meio de parafusos ou rebites, sendo a outra extremidade da chapa presa por uma garra metálica. Em seguida, essas chapas são submetidas a um aquecimento por meio de chama direta, provocando nas mesmas uma elevação da temperatura desde a ambiente até uma temperatura na faixa de 100°C a 150°C.

Uma vez dilatada, a chapa recebe fixação da outra extremidade, conforme ilustram as Figuras 1a e 1b. À medida que o material resfria a chapa contrai levando a tensionamento permanente que confere excelente planicidade e rigidez, pré-requisitos para essa aplicação.



(a)



(b)

Figura 1 – (a) Fixação das chapas numa extremidade do fechamento lateral, (b) Dispositivo de pré-posicionamento que utiliza uma garra apropriada.



Figura 2 – Aquecimento da chapa utilizando uma tocha com chama direta com queima de gás acetileno.

O objetivo da simulação em laboratório foi definir os principais parâmetros, como temperatura e dilatação, para utilização na etapa da montagem de protótipos de ônibus nas linhas de fabricação, utilizando as chapas de aço Pré-Pintado CSN. Estes valores são bem conhecidos para o alumínio, material atualmente utilizado.

Para tal, foi montado no Centro de Pesquisas da CSN um sistema que permitisse medir e monitorar esses parâmetros. A Figura 3 ilustra o sistema desenvolvido.

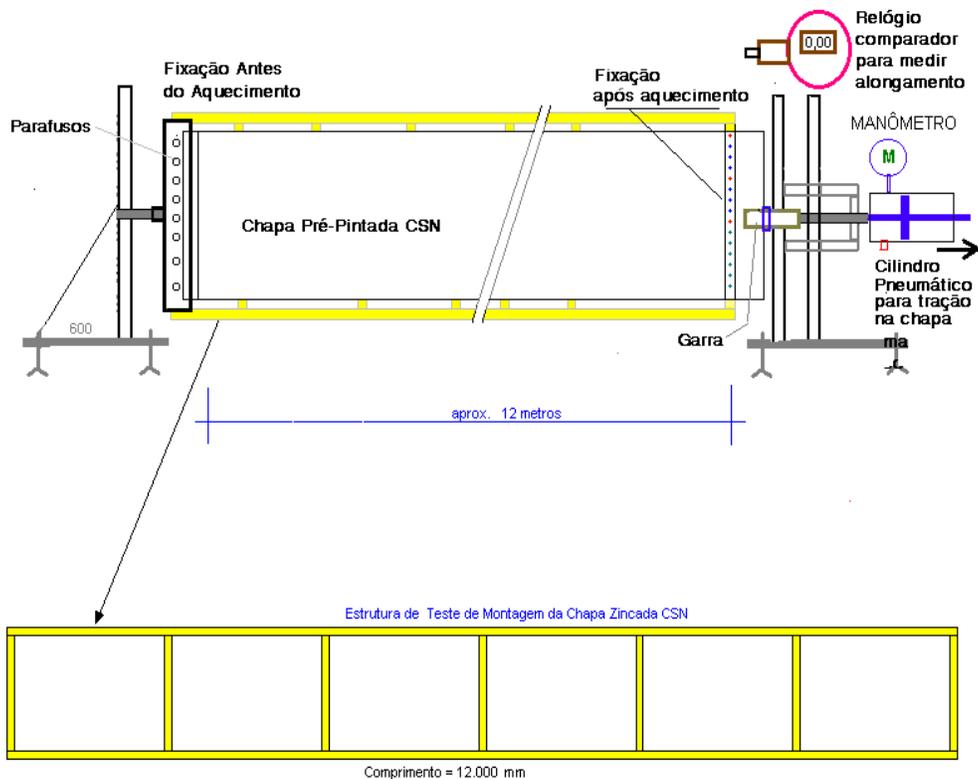


Figura 3 – Sistema de simulação da montagem de laterais de ônibus.

Além do sistema mostrado na Figura 3, foi projetado e confeccionado um sistema de aquecimento, visando proporcionar na chapa um aumento de temperatura, e em conseqüência os alongamentos adequados, de forma similar ao que ocorre em escala industrial. As Figuras 4 e 5 ilustram o equipamento empregado nos testes de simulação na CSN, o qual se baseia num sistema de aquecimento que utiliza uma cortina de ar quente, diferente do aplicado na linha de fabricação, onde são utilizadas tochas manuais com aquecimento por chama direta, proveniente da queima de gás acetileno.



Figura 4 – Sistema de aquecimento por ar quente proveniente de queimador tipo cortina. Potência: 550 Mcal, Combustível: GLP (Cilindro de 45 Kg), Deslocamento: Manual por Rodas, Geração de ar aquecido na faixa de 200 a 500°C.

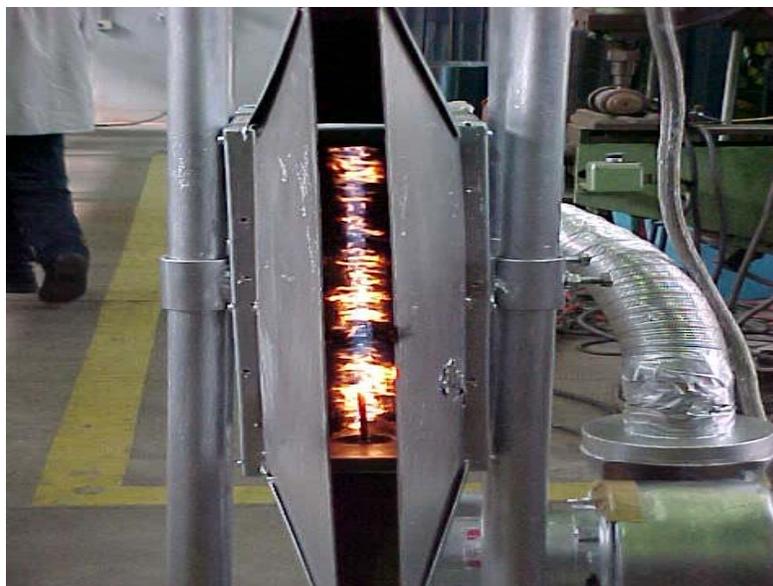


Figura 5 – Detalhe da região frontal do queimador por onde passa o ar a ser aquecido.

Visando a obtenção de resultados comparativos, foi também utilizada em laboratório o aquecimento por tocha, similar à utilizada na linha de fabricação, os resultados obtidos por ambos o sistemas estão demonstrados no gráfico da Figura 6.

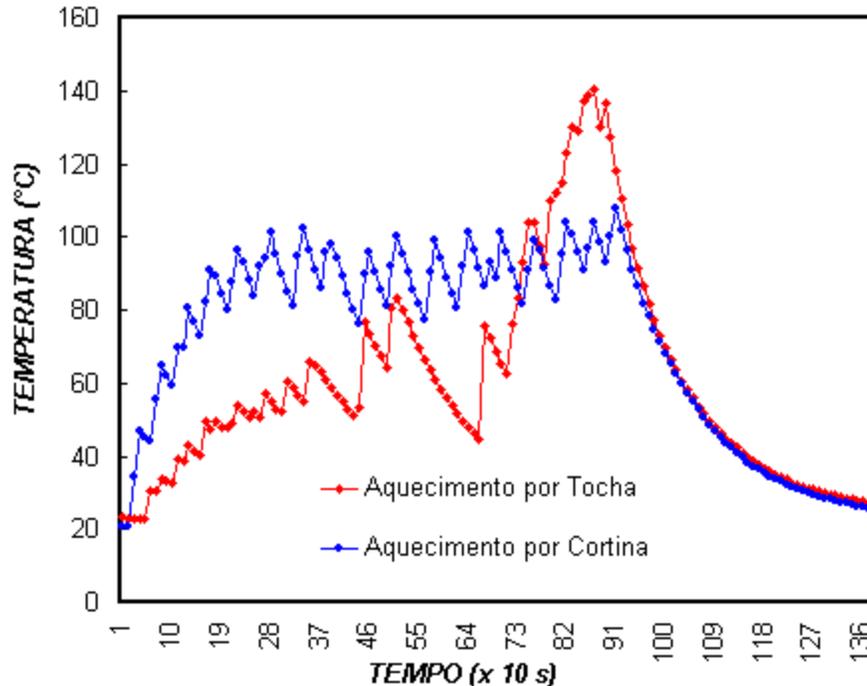


Figura 6 – Comparação dos sistemas de aquecimento utilizando cortina de ar quente e tochas de chamas direta.

Conforme pode ser observado na figura 6, a simulação realizada em laboratório para o aquecimento indicou que o sistema de aquecimento utilizando cortina de ar quente é mais apropriado do que a utilização das tochas, tanto em termos de taxa de aquecimento quanto em uniformidade de temperatura ao longo da chapa.

Com este sistema de aquecimento foi possível impor uma taxa de 15°C/min, possibilitando atingir a temperatura de ~ 100°C, em menos de 10 minutos.

A chapa de aço Pré-Pintada foi aquecida a temperaturas de até 150°C, sem comprometimento da aderência do Primer e aderência e brilho da tinta de acabamento.

Os resultados de dilatação da chapa de aço Pré-Pintada obtidos nos experimentos na CSN, mostraram que a dilatação máxima foi de 16 mm para uma temperatura de 150°C, utilizando o aquecimento por cortina, e de 11 mm a 130°C com aquecimento por tocha. Para ambas condições, a planicidade (pré-requisito importante) para o chapeamento lateral de ônibus foi excelente, de modo que estes parâmetros puderam ser utilizados como referência na linha de montagem do fabricante de ônibus.

A partir do monitoramento das dilatações realizado durante os experimentos na CSN, foi possível verificar que o aquecimento da chapa somente deve ser interrompido após a colocação de pelo menos 50% dos elementos de fixação da extremidade final. Na linha de montagem dos fabricantes de ônibus, a chapa de alumínio atingiu a dilatação máxima de 19 mm e a chapa de aço Pré-Pintado CSN atingiu um máximo de 9 mm, utilizando o sistema de aquecimento por tocha com chama direta. O gráfico da Figura 7 apresenta as dilatações em função da temperatura, medidos durante o aquecimento da chapa.

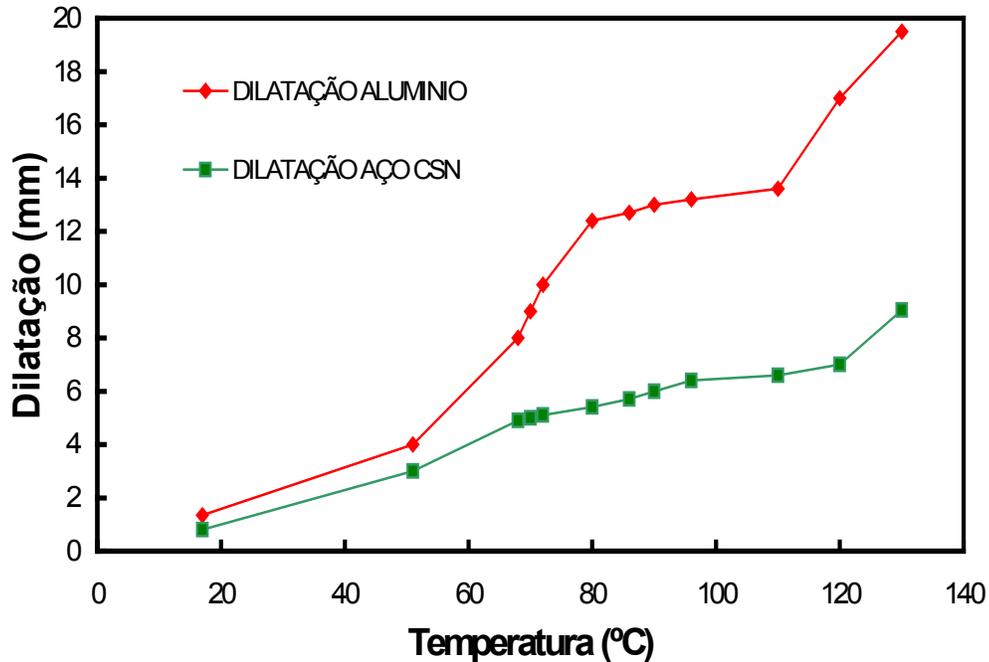


Figura 7 – Curvas comparativas de dilatação do aço pré-pintado e do alumínio obtidas durante a montagem da lateral do ônibus.

2.3 Testes de Corrosão dos Sistemas Selecionados

Para os testes de corrosão foram definidos, em conjunto com o fabricante de ônibus e o fornecedor dos sistemas de pintura atual, os sistemas a seguir, que incluem os substratos mais sistema de pintura.

- C1 – Aço zincado pré-pintado (somente com primer);
- C2 – Aço zincado pré-pintado (primer + acabamento);
- C3 – Aço galvalume pré-pintado (somente com primer);
- C4 – Aço galvalume pré-pintado (primer + acabamento);
- C5 – Aço zincado (sem pintura);
- C6 – Aço galvalume (sem pintura);
- C7 – Aço zincado pré-pintado (primer + acabamento) com posterior aquecimento igualmente submetido na montagem de ônibus.

Cada material acima listado foi submetido aos seguintes processamentos de pintura industrial, simulando o que ocorre na linha de pintura do fabricante de ônibus:

P1 - Processo 1

- 1) Quebra de brilho para o caso do pré pintado (lixa 280 ou 320);
- 2) Desengraxe com Solvente de limpeza;
- 3) Aplicação de uma demão de 15-20 μm ;
- 4) Aplicação de duas demãos de acabamento Cores Lisas – úmido-sobre-úmido (60-70 μm).

P2 - Processo 2

- 1) Quebra de brilho do pré pintado (lixa 280 ou 320);

- 2) Desengraxe com Solvente de limpeza;
- 3) Aplicação de duas demão de acabamento Cores Lisas (60-70 μm).

Os materiais C5 e C6 não foram submetidos ao sistema de pintura P2.

Na Tabela 1, estão listados os ensaios utilizados com seus respectivos critérios de avaliação, aos quais os sistemas em questão foram submetidos.

Tabela 1 – Relação dos ensaios realizados com seus respectivos tempo de ensaio e critérios de avaliação.

ENSAIOS	Tempo (h)	Grau máximo de aderência	Grau máximo de empolamento*
<i>Aderência inicial (ISO 2409)</i>	-	0	-
<i>Salt spray (ASTM B-117)</i>	2000	1	8F
<i>Câmara úmida (ASTM D-2247)</i>	500	1	8F
<i>Imersão pH = 2 (VW TL-211)</i>	1500	1	8F
<i>Imersão pH = 10 (VW TL-211)</i>	360	1	8F
<i>Imersão em água 40° C (ASTM D-870)</i>	900	1	8F
<i>Flexibilidade (ASTM D-522)</i>	Isento de trincas		

*Critério de avaliação de acordo com a norma ABNT NBR 5841.

Na Tabela 2 estão listados o desempenho dos sistemas em análise de acordo com os ensaios e critérios de avaliação descritos na Tabela 1.

Tabela 2 – Resultados dos ensaios realizados nos sistemas de materiais em estudo.

Ensaio/ Materiais	Aderência Inicial	Flexibilidade	Imersão Em H2O 40°C	Imersão pH=10	Imersão pH=2	Câmara úmida	Salt spray
			Grau de empolamento				
C1P1	0	IT	SA	SA	SA	SA	8F
C1P2	0	IT	SA	SA	8F	SA	8F
C2P1	0	IT	SA	SA	SA	SA	8F
C2P2	0	IT	SA	SA	SA	SA	8F
C3P1	0	IT	SA	SA	SA	SA	8F
C3P2	0	IT	SA	SA	SA	SA	4MD
C4P1	0	IT	SA	SA	SA	SA	SA
C4P2	0	IT	SA	SA	SA	SA	4F
C5P1	0	IT	8F	SA	SA	<8F	2M
C6P1	2	IT	<8F	SA	<8F	SA	6F
C7P1	0	IT	<8F	SA	SA	SA	4F
C7P2	0	IT	<8F	SA	SA	SA	2D

IT = isento de trincas; SA = sem alteração.

De acordo com os resultados apresentados na tabela 2, verifica-se que os materiais C1 e C2 (aços zincado com primer e primer + acabamento) atenderam aos critérios de aprovação estabelecidos descritos na Tabela 1, para ambos os sistemas de

pintura (P1 e P2). Os materiais C3 e C4 (galvalume com primer e primer + acabamento) atenderam aos critérios de aprovação estabelecidos somente com o sistema de pintura P1. Os demais materiais foram reprovados em ensaio salt spray (2000 h), visto que não atenderam aos critérios estabelecidos para aprovação (grau de empolamento máximo 8F).

3 CONCLUSÕES

- Os testes de simulação da montagem de laterais de ônibus, realizados em laboratório com chapas de aço pré-pintado, mostraram-se fundamentais para a determinação dos valores de referência de faixa de temperatura e dilatações, para utilização na montagem das laterais em escala industrial.
- Os resultados dos testes de corrosão, realizados conforme os critérios estabelecidos pelo fabricante de ônibus, indicaram um desempenho plenamente satisfatório, atendendo os requisitos pré-estabelecidos.
- Os resultados encontrados com a utilização do aço galvanizado pré-pintado nas fases de montagem das laterais, pintura e testes de campo, na linha de fabricação de ônibus, foram considerados aprovados pela área de engenharia de processo dos fabricantes.
- Como conclusão final podemos afirmar que os resultados obtidos de todos os testes realizados, comprovam a viabilidade técnica da aplicação de aços galvanizados ou Galvalume Pré-Pintados pela CSN, em laterais externas de ônibus, criando assim uma excelente alternativa de material para substituição do alumínio nessas aplicações.

Agradecimentos

Aos fabricantes de ônibus pela parceria e proatividade na busca por soluções e à CSN por seu empreendedorismo e apoio ao Desenvolvimento de Novos e Competitivos Produtos.