

ENSAIOS DE IMERSÃO NOS AÇOS NBR 7008 GRAU B275, AÇO GALVALUME® ASTM A792 AZM150, APÓS A CONFORMAÇÃO MECÂNICA, AVALIANDO A RESISTÊNCIA A CORROSÃO.

Renato Americo¹, Célia de Fraga Malfatti¹, Matheus Espindula¹ Vilson Gruber², Pedro Augusto Di Francia Rosso², Gerson Maximiliano³, Lucas Boeira Michels⁴, Joel da Silva Rodrigues⁵

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, Brasil.

² Universidade Federal de Santa Catarina, Araranguá, Brasil.

³ Faculdade SATC, Criciúma, Brasil.

⁴ Instituto Federal de Santa Catarina, Araranguá, Brasil.

⁵ Instituto Federal Sul Rio Grandense, Charqueadas, Brasil.

(Todas as informações contidas neste artigo são de responsabilidade dos autores)

Resumo

Com um grande avanço da tecnologia e um mercado totalmente globalizado, com uma concorrência muito forte entre empresas, o custo de fabricação ficou como prioridade nas empresas que querem sobreviver no mercado, onde as mesmas estão trabalhando forte em processos, novos materiais, todo este esforço para tornar seus produtos mais competitivos. Sendo então a análise deste estudo é avaliar o quanto o aço Galvalume® é superior ao NBR 7008, em relação a resistência a corrosão, após o processo de fabricação, sendo com o processo de fabricação nas chapas lisas as ferramentas de conformação do painel da tampa dos silos as mesmas agridem o revestimento, arranhões e riscos ao longo do painel. Com os testes de imersão será avaliado se este tipo de agressão pode influenciar negativamente na resistência a corrosão, pois este material fica exposto diretamente as intempéries, sendo outro agravante é o custo do aço Galvalume® sendo em média 15 a 20% mais caro pois em sua composição química possui o zinco usado como proteção galvânica e alumínio como resistência atmosférica, por ser uma liga com mais aditivos a mesma possui um valor mais agregado ao aço, causando um ônus ao produto final fabricado.

Palavras-chave: Galvalume®; Aço NBR 7008.

ANALYSIS OF MECHANICAL AND CHEMICAL PROPERTIES OF STEEL GRADE NBR B275 7008 COMPARED TO ASTM A792 GALVALUME® AZM150 BEFORE FORMING MECHANICS.

Abstract

With great advances in technology and a fully globalized market, with a very strong competition between companies, the cost of manufacturing became a priority in companies that want to survive in the market, where the same processes are working hard on new material, this effort to make their products more competitive. Since then the analysis of this study is to evaluate the Galvalume® steel is greater than 7008 NBR with respect to corrosion resistance after the manufacturing process, and the process of manufacturing the flat plates forming tools of the lid panel silos of the

same harm the finish, scuffs and scratches along the panel. With immersion tests to assess whether this type of aggression can negatively influence the corrosion resistance because this material is exposed directly to intemperes, with another aggravating factor is the cost of Galvalume® steel being on average 15-20% more expensive since in his chemical composition has used as zinc and aluminum galvanic protection as atmospheric drag, being an alloy with more additives the same has a more value-added to the steel, causing a burden to the manufactured product.

Key words: Galvalume®; Steel NBR 7008.

1 INTRODUÇÃO

Os materiais estudados abaixo, fazem parte do revestimento do aço NBR7008 por imersão a quente com revestimento de zinco em grau B275g/m² e os materiais do aço Galvalume® ASTM A792 revestimento AZM150g/m², com revestimento de alumínio, zinco e silício e metal base de ambos, composto por ferro mais carbono.

1.1 Aplicação do aço NBR 7008

Zincados por imersão a quente, os aços NBR 7008 possuem alta resistência mecânica e são indicados principalmente para usos planos e em aplicações que requeiram dobramentos simples, corrugações ou estampagem leve, tais como silos, perfis estruturais para construção civil e estruturas de ônibus (CSN, 2012).

1.2 Características do Galvalume® CSN

A CSN Galvalume® é o nome comercial para a chapa de aço com revestimento constituído por peso de 55% de alumínio Al, 43% de zinco Zn e 1,5% de silício Si (Silva, 2011). Isto confere ao aço uma grande barreira a corrosão oferecida pelo alumínio e a proteção galvânica oferecida pelo zinco, sendo formada pelo aço base, uma camada intermediária e a camada final, como ilustrado abaixo.

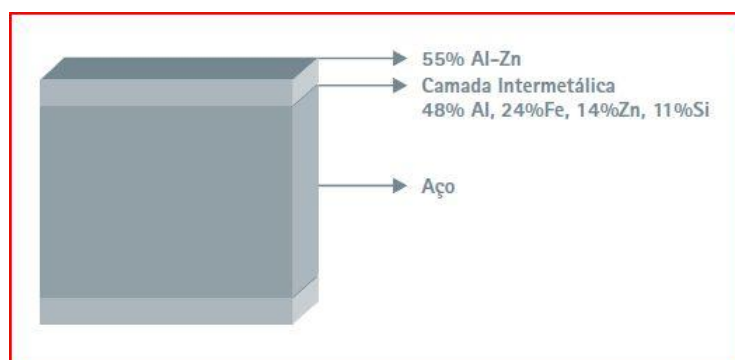


Figura 1: Camadas do revestimento do aço Galvalume®
Fonte: CSN

1.3 Aplicação do aço Galvalume®

Com a possibilidade de fabricação em espessuras mais baixas, devido a elevada resistência mecânica do aço base, aliada a resistência superior do revestimento, o aço Galvalume® CSN é muito utilizado na construção civil, agricultura, indústria automobilística e utensílios domésticos.

1.4 Resistência a Corrosão do aço Galvalume®

Resultados de comparativos de resistência entre chapa zincada por imersão e do Galvalume® em uma atmosfera rural entre 14 anos, perda do revestimento ao passar dos anos.

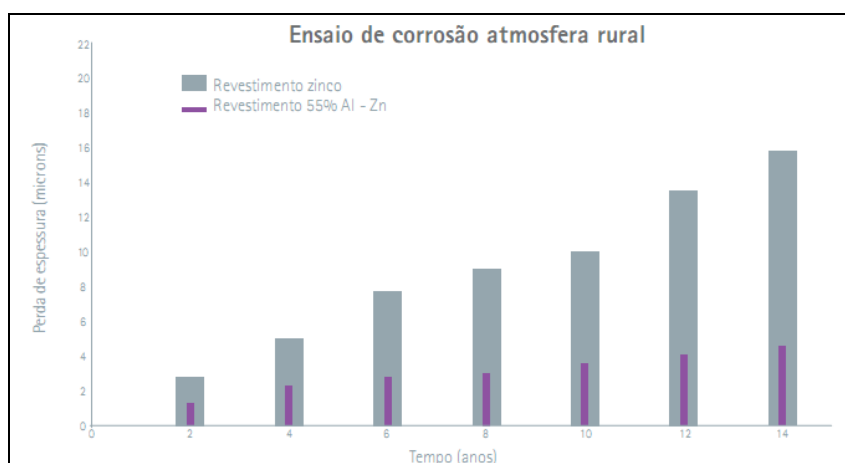


Figura 2: Ensaio de corrosão atmosférica rural
Fonte: CSN

Resultados de comparativos de resistência entre chapa zincada por imersão e do Galvalume® em uma atmosfera marinha entre 14 anos.

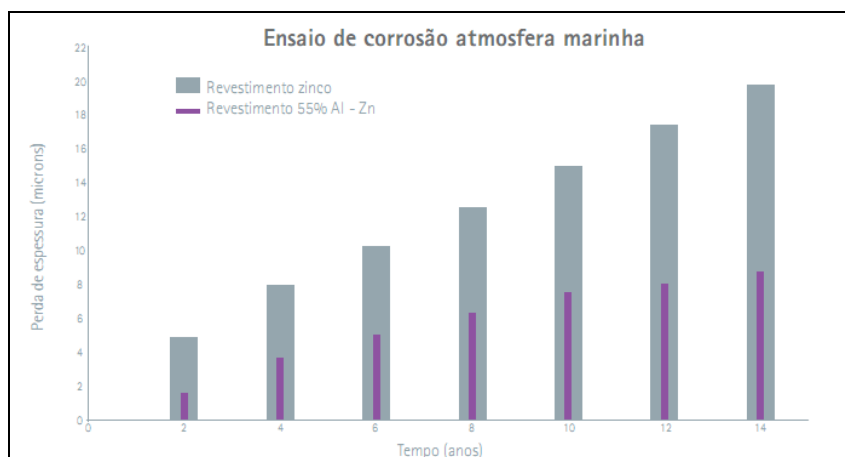


Figura 3: Ensaio de corrosão atmosférica marinha
Fonte: CSN

Resultados de comparativos de resistência entre chapa zincada por imersão e do Galvalume® em uma atmosfera marinha severa entre 14 anos.

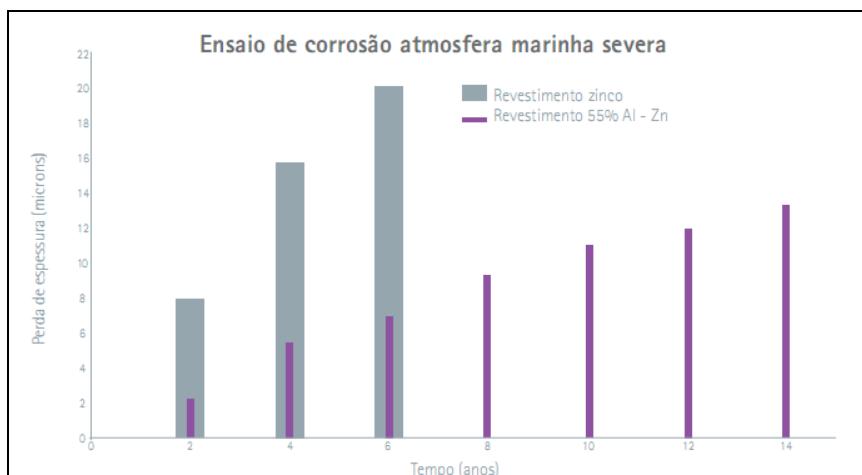


Figura 4: Ensaio de corrosão atmosférica marinha severa
Fonte: CSN

1.5 ZINCO

O Zinco apresenta densidade de 7,13 g/cm³, com ponto de fusão de 419 °C e forma cristalina hexagonal compacta. Possui alta resistência à corrosão, graças à produção de um óxido protetor à temperatura ambiente. É bastante maleável entre 100 e 150 °C, podendo ser laminado em chapas e estirado em fios. Apresenta pouca resistência ao ataque de ácidos usuais e de soda. O zinco pode ser encontrado na forma de placas, lingotes, chapas, grãos e pó (Coni, 2004).

Uma das suas principais funções na indústria é na forma de camada protetora para peças e equipamentos de aço, chamado aço galvanizado, ou seja, é o revestimento sobre o metal base.

1.6 ALUMÍNIO

O Alumínio e suas ligas constituem um dos materiais metálicos mais versáteis, econômicos e atrativos para uma vasta série de aplicações. Sua aplicação como metal estrutural só é menor que a dos aços. O alumínio possui uma densidade de 2,7 g/cm³, aproximadamente 1/3 da do aço, o que somado à sua elevada resistência mecânica o torna bastante útil na construção de estruturas móveis, como veículos e aeronaves (Coni, 2004).

1.7 SÍLÍCIO

É um grande agente desoxidante na produção do aço. Aumenta o limite de escoamento, resistência à corrosão e a resistência à tração dos aços, mas prejudica o alongamento, a tenacidade, a condutividade térmica, a usinabilidade e a soldagem. O silício aumenta significativamente a resistividade elétrica do aço e, por isso, aços com silício são amplamente usados em núcleos magnéticos (motores, transformadores, etc.) devido às menores perdas com as correntes parasitas que se formam (Américo, 2007).

2 MATERIAIS E MÉTODOS

No presente estudo foram utilizadas chapas de aço com revestimento Galvalume® e aço com revestimento galvanizado de acordo com a NBR7008 retiradas de painéis de tampas de silos para armazenagem de grãos.

A figura 11 mostra um desenho esquemático em CAD do painel de aço com revestimento Galvalume® e do painel de aço galvanizado NBR7008 com a devida identificação dos locais onde as amostras foram retiradas.

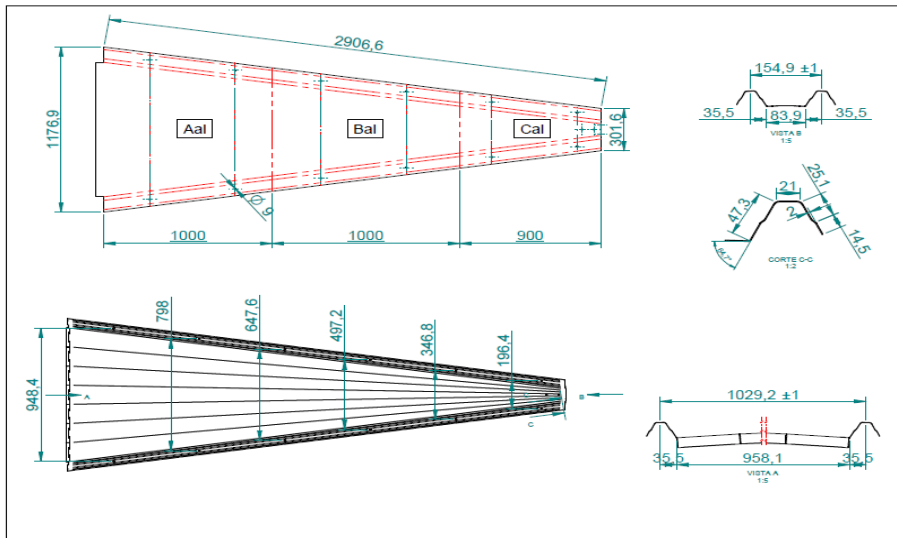


Figura 05 – Desenho painel planificado

Fonte: Do autor

Após o desenho planificado pronto, foi inserido nos mesmo, números das amostras com seus referidos tamanhos de corte, sendo as amostras centrais alinhadas horizontalmente com 2x2cm e o restante 5x10mm.

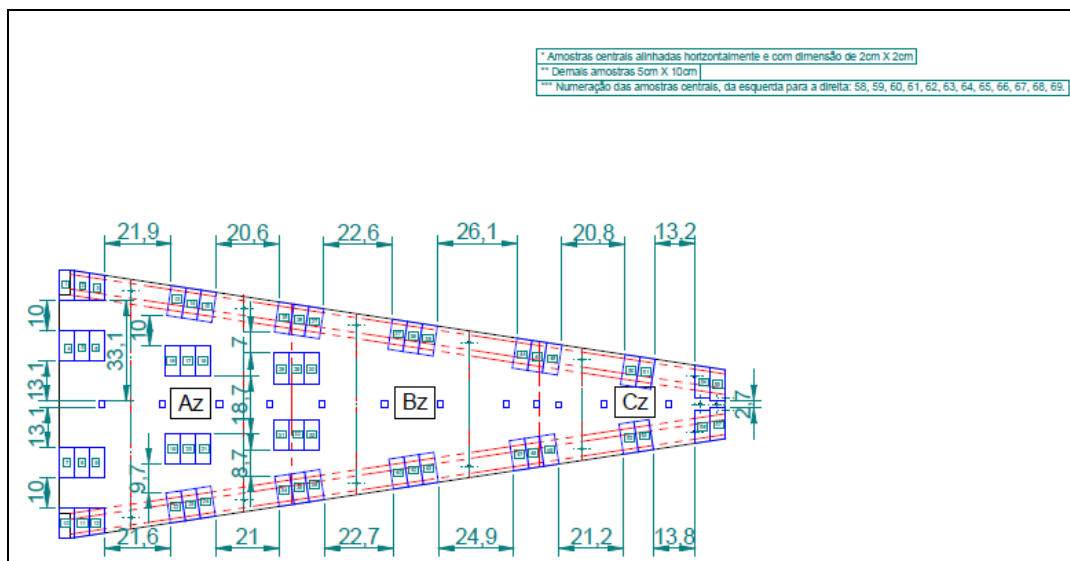


Figura 06 – Desenho painel com numeração das amostras

Fonte: Do autor

Sendo então inseridos na fábrica, para a fabricação os 2 painéis respeitando as etapas do processo produtivo, após o painel fabricado, foi cortado as amostras de acordo com sua dimensão e indicação do desenho. Entregue no laboratório da UFRGS para a referida análise.

A norma usada como base foi a ASTM G 31, revisão de 1972 "Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals". Sendo as amostras foram recebidas e feitas nas mesmas um processo de pré imersão, sendo executado uma limpeza com acetona em cada amostra, pesadas e retirada a área total das mesmas, para verificação após o ensaio referente a perda de massa.

O ensaio de imersão, então foi feito utilizando recipientes contendo a solução, sendo as amostras presas com nylon, e após todos estes procedimentos, a imersão foi feita em solução de NaCl 0,01 molar, durante 7 dias.

2.1 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PROPRIEDADES MECÂNICAS NBR 7008

A tabela 01 apresenta a composição química das amostras para Aço NBR 7008 de alta resistência de acordo com normas nacionais.

Especificação	Composição química %							
	Grau	C	Mn	P	S	Si	Ni	Outros
NBR 7008	B275	0,08	0,45	0,03	0,03	-	-	-

Tabela 1: Composição de aços NBR 7008
Fonte: CSN

As propriedades mecânicas para o aço de alta resistência de acordo com normas nacionais é apresentada na tabela 02.

Especificação	Classe ou tipo	Limite de resistência à tração MPa	Limite de escoamento MPa	Alongamento em 50mm %
NBR 7008	ZEE	315 a 390	180/230	26

Tabela 2: Propriedades mecânicas de aços de alta resistência
Fonte: CSN

2.2 COMPOSIÇÃO QUÍMICA E PROPRIEDADES MECÂNICAS GALVALUME® ASTM A792 AZM150

Composição química para Aço NBR 15578, ASTM A792 de alta resistência de acordo com normas é apresentada na tabela 03.

Especificação	Composição química %							
	Grau	C	Mn	P	S	Si	Ni	Outros
ASTM A792	CSC	0,08	0,6	0,10	0,035	-	-	-

Tabela 3: Composição de aços ASTM A792
Fonte: CSN

A tabela 04 apresenta as propriedades mecânicas para o aço de alta resistência de acordo com normas nacionais.

Especificação	Classe ou tipo	Limite de resistência à tração MPa	Limite de escoamento MPa	Alongamento em 50mm %
ASTM A792	AZM150	310	205/450	15/50

Tabela 4: Propriedades mecânicas de aços de alta resistência
Fonte: CSN

2.3 ESTAMPAGEM DOS PAINÉIS

Os painéis das tampas de silos dos modelos da Industrial Pagé, são confeccionados em aço Galvalume® ASTM A792 AZM150 na espessura de 0,8mm tipo chapa 22 do fornecedor CSN. Onde a função do painel é proteger os grãos armazenados dentro do silo, onde os painéis possuem uma porta de acesso para a parte interna e saídas de ar, tipo respiro em sua quantidade intercalados de acordo com o tamanho do silo e vazão de ar dos ventiladores centrífugos, montados na base do silo.

Conforme figura 1, ilustra um desenho em 3D da tampa e do painel da tampa de silo, pois é ilustrado nas figuras 05 e 06, em painel da tampa conformado, onde mostra uma projeção com uma estampagem profunda nas laterais e ao lado a tampa do silo montado com todos os painéis.

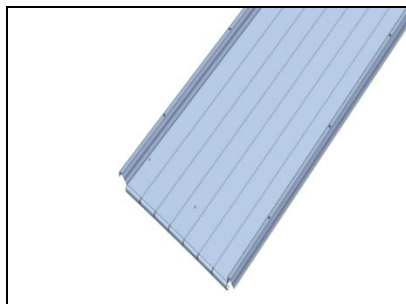


Figura 7 - Painel inferior

Fonte: Do autor

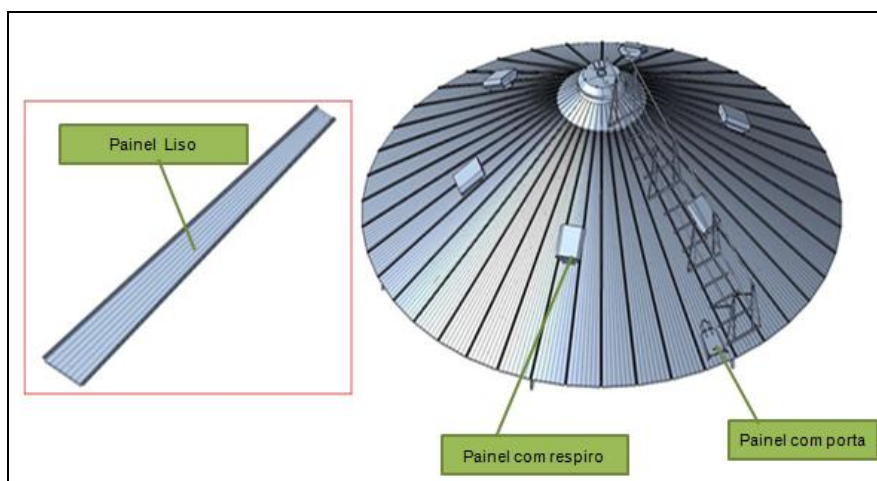


Figura 8 - Painel tampa de Silos

Fonte: Do autor

2.3.1 PROCESSO DE FABRICAÇÃO DO PAINEL

A bobina de chapa Galvalume® passa por 6 processos:

- ✓ Desbobinar;
- ✓ Cortar o blank “Guilhotina”;
- ✓ Corte e furação “Plasma”;
- ✓ Ondulação;
- ✓ Perfiladeira “estampagem e furação”;
- ✓ Estampar a pingadeira nos painéis inferior;

Sendo com ação de todos estes processos risca e causa fissuras no revestimento, principalmente na ondulação longitudinal para enrijecer a chapa, ou seja, dar maior resistência, por ser uma chapa fina de 0,8mm de espessura.



Figura 9 - a) Onduladeira b) Painel ondulado

Fonte: Do autor

Onde a chapa passa entre os rolos que executam a estampagem do painel em suas 2 laterais, sendo feita uma de cada vez, onde a mesma é considerada uma estampagem profunda.



Figura 10 - Distribuição dos rolos conformadores laterais

Fonte: Do autor



Figura 11 - Estampagem profunda nas duas laterais

Fonte: Do autor

A figura 10 ilustra a disposição dos rolos, para executar a estampagem na lateral do painel e abaixo o painel já conformado e furado em apenas uma lateral, faltando executar o trabalho no outro lado da peça.



Figura 12 - Painel estampado apenas um lado

Fonte: Do autor

3 RESULTADOS

Sendo após o ensaio, indicado na figura 13 o visual das amostras após o ensaio de imersão e, sendo então pesadas as peças novamente e confeccionada uma tabela para cada material, ou seja, uma para o Galvalume® e outra para o aço Galvanizado NBR7008, indicando os resultados, referenciados pelo ensaio de imersão.



Figura 13 - Laboratório UFRGS

Fonte: Do autor

Onde abaixo na tabela 05 ilustra os dados referente a coleta das informações dos testes de imersão do aço Galvalume®.

Amostras	Inicial	Final	Variação de peso	Área (cm ²)	Área (mm ²)	Tempo (horas)	Tempo (ano)	Taxa de corrosão	Taxa de corrosão μ
6	31,8515	31,8369	-0,0146	100	10000	96	0,010959	-0,000253	-0,253
10	23,5073	23,5013	-0,006	68	6800	96	0,010959	-0,000153	-0,153
17	32,1328	32,1346	0,0018	100	10000	96	0,010959	0,000031	0,031
23	39,7854	39,7764	-0,009	112	11200	96	0,010959	-0,000139	-0,139
27	39,5539	39,558	0,0041	112	11200	96	0,010959	0,000064	0,064
32	33,0263	33,0247	-0,0016	100	10000	96	0,010959	-0,000028	-0,028
43	40,3234	40,3244	0,001	112	11200	96	0,010959	0,000015	0,015
53	38,6144	38,6145	0,0001	112	11200	96	0,010959	0,000002	0,002
55	38,7209	38,7015	-0,0194	112	11200	96	0,010959	-0,000301	-0,301
61	5,4461	5,448	0,0019	14	1400	96	0,010959	0,000236	0,236
64	5,5996	5,5984	-0,0012	14	1400	96	0,010959	-0,000149	-0,149
66	5,071	5,0667	-0,0043	14	1400	96	0,010959	-0,000533	-0,533

Tabela 5: Resultados Galvalume®
Fonte: Do autor

Sendo os dados da tabela 06, referente as análises das amostras do aço Galvanizado NBR7008.

Amostras	Inicial	Final	Variação de peso	Área (cm ²)	Área (mm ²)	Tempo (horas)	Tempo (ano)	Taxa de corrosão mm	Taxa de corrosão μ m
6	33,8116	33,7515	-0,0601	100	10000	96	0,010959	-0,00104	-1,043
10	21,3306	21,2883	-0,0423	68	6800	96	0,010959	-0,00108	-1,080
17	32,855	32,7971	-0,0579	100	10000	96	0,010959	-0,00100	-1,005
23	41,5895	41,5239	-0,0656	112	11200	96	0,010959	-0,00102	-1,016
27	41,4785	41,404	-0,0745	112	11200	96	0,010959	-0,00115	-1,154
32	33,3118	33,2911	-0,0207	100	10000	96	0,010959	-0,00036	-0,359
43	43,832	43,1526	-0,6794	112	11200	96	0,010959	-0,01053	-10,527
53	40,5784	40,523	-0,0554	112	11200	96	0,010959	-0,00086	-0,858
55	42,1865	42,1171	-0,0694	112	11200	96	0,010959	-0,00108	-1,075
61	6,5957	6,5816	-0,0141	14	1400	96	0,010959	-0,00175	-1,748
64	6,3411	6,3352	-0,0059	14	1400	96	0,010959	-0,00073	-0,731
66	6,2411	6,2373	-0,0038	14	1400	96	0,010959	-0,00047	-0,471

Tabela 6: Resultados NBR 7008
Fonte: Do autor

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Como ilustra os materiais técnicos impressos da CSN em relação a grande superioridade do Galvalume® ao aço zincado por imersão, visto nos gráficos de

ensaio de imersão, a grande diferença entre os dois materiais em perda de peso, revestimento em um intervalo de tempo de 1 ano.

Sendo que amostra referente ao numero 43 do material galvanizado por imersão a quente “NBR7008” apresentou uma perda de massa muito grande em apenas 1 ano, podendo ser ocasiona por uma trinca, sendo a parte que sofre maior esforço da ferramenta “ferfiladeira”, que é estampar as laterais do painel, ou arranhões, fissuras no revestimento causado pelos rolos conformadores, como ilustra a figura 14 a localização da amostra no painel desenhado e fabricado.

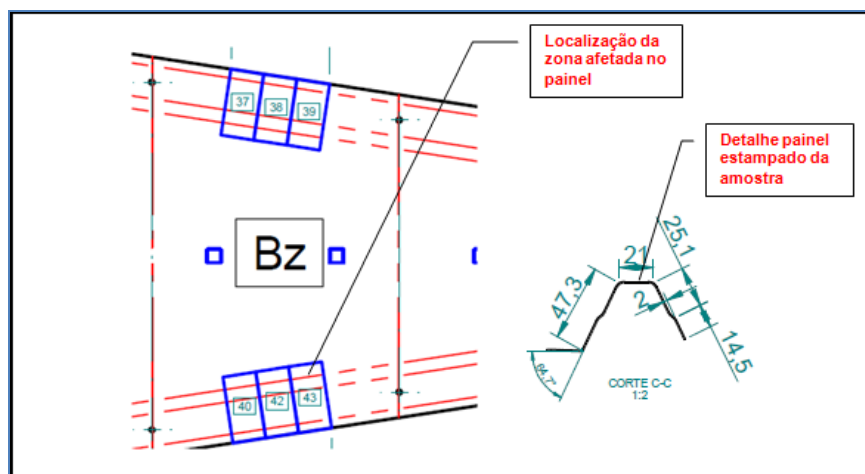


Figura 14 - Detalhe da amostra mais afetada no ensaio

Fonte: Do autor

Estes testes foram feitos baseando-se em chapas conformadas, onde sofreram conformação mecânica pelo processo de estampagem do painel ao longo do processo produtivo de fabricação indicados no capítulo 2.3.

5 CONCLUSÃO

De acordo com os resultados apresentados ficou evidente a superioridade do aço Galvalume® em relação ao aço galvanizado NBR7008 no que diz respeito à resistência a corrosão.

Com este teste de imersão de ambos os materiais, constatou a grande superioridade do aço Galvalume® em relação ao NBR7008, em sua função principal que é dar resistência a corrosão ao painel da tampa dos silos, causada pelas intempéries e agentes causada pelo processo de armazenagem dos grãos como germinação, poeira, fungos e outros.

O aço Galvalume® por ter uma liga mais eficaz para a sua aplicação que ela é solicitada, a mesma também possui um valor maior por Kg em relação ao aço galvanizado, sendo em média de 12% a 20% maior, mais isto é claro que seu custo benefício em relação a sua superioridade é importante para os fabricantes de silos, como um diferencial no momento da venda ao cliente.

6 TRABALHOS FUTUROS

Para próximos estudos, poderia ser feito um trabalho com ensaios muito mais completo, para a avaliação de trincas, arranhões com ensaio de avaliação de microestrutura, com ensaios tipo Mev, perfilometria, dureza, ou seja, uma avaliação mais direcionada para possíveis focos de corrosão não identificados pelo processo de imersão, podendo o resultado ser de outra esfera de verificação e aplicação.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a DEUS por nos abençoar todos os dias de nossa vida;

A todos nossos amigos que nos ajudaram;

A todos os professores, que ao longo do curso contribuí com suas experiências pessoais, profissionais e didáticos;

A orientadora Dra. Célia de Fraga Malfatti;

Ao Msc. Joel da Silva Rodrigues;

Ao amigo Matheus Espíndola do Lapec;

Ao colaborador Pedro Augusto Rosso;

Ao Dr. Vilson Gruber.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 – AMÉRICO, Éderson, **MANUAL DOS AÇOS**, 2007.
- 2 - American Society for Testing and Materials. **Norma ASTM G 31**, " Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals, Rev. 1972.
- 3 – American Society for Testing and Materials. **Norma ASTM A792**: Standard Specification for Steel Sheet, 2008.
- 4 – Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Normas ABNT NBR 7008**: Bobinas e chapas de aço revestidas com zinco, por processo de imersão a quente, 2003.
- 5 - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **Normas ABNT NBR 15578**: Bobinas e chapas de aço revestidas com liga 55% alumínio-zinco, por processo de imersão a quente, 2008.
- 6 – COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL, **MANUAL CSN GALVALUME®** , 2012.
- 7 – COMPANHIA SIDERÚRGICA NACIONAL, **MANUAL CSN AÇOS ZINCADOS IMERSÃO A QUENTE**, 2012.
- 8 – CENTRO DE INFORMAÇÃO METALMECÂNICA. Disponível em: <http://www.cimm.com.br>>. Acesso em: 06 jan. 2013.
- 9 - CENTRO DE INFORMAÇÃO METALMECÂNICA. Disponível em: <http://www.infomet.com.br>>. Acesso em: 06 jan. 2013.
- 10 - CONI, N.H. da SILVA CONI. **ESTUDOS DAS PROPRIEDADES MECÂNICA DO AÇO ZINCADO A QUENTE E GALVALUME®**: CURITIBA, 2004.
- 11 - MARTAU, Marcos M. Poziomyck. **ANÁLISE COMPARATIVA ENTRE DIFERENTES FORMAS CONSTRUTIVAS E MATERIAIS UTILIZADOS EM DEFLETORES DE CALOR EMPREGADOS EM VEÍCULOS**: PORTO ALEGRE 2009.