

---

*Copyright 2018, ABRACO*

*Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2018, em São Paulo, no mês de maio de 2018.*

*As informações e opiniões contidas neste trabalho são de exclusiva responsabilidade do(s) autor(es).*

## **Avaliação da utilização de inibidores de flash rusting sob pintura anticorrosiva em condição de imersão a elevadas temperaturas**

**Leonardo Mukim de Moraes<sup>a</sup>, Arariboia Martins da Cruz Lobo<sup>b</sup>**

### ***Abstract***

---

The marine sector has started using hydroblasting in Europe for coatings repair. It's a matter of wanting to be environmentally responsible. When flash rusting is too heavy for coating application, it may be removed or reduced by brushing with a hard bristle or wire brush, or by washing down with high pressure fresh water. This will cause the area to re-rust but it is possible to reduce the degree of flash rusting from heavy to light using this method. However, flash rusting can be prevented by the use of water soluble chemical corrosion inhibitors. These inhibitors may leave a crystalline layer on the steel surface as the water evaporates which can then lead to a loss of adhesion and osmotic blistering if coatings are applied over this type of surface. At atmospheric conditions, there isn't already the need to remove the inhibitor before coating application, on the other hand it's needed for immersion conditions, mainly when having temperature involved in. Thinking about this, the aim of this work is study the performance of Akzo Nobel product when applied over surfaces treated with flash rusting inhibitors on immersion condition at high temperatures. Steel panels with different surface preparations were coated with the product which meets Petrobras Standard N-2912 Type II and submitted to Atlas Cell testing for 2,000 h, with periodic inspections each 500 h.

**Keywords:** flash rusting, inhibitors, anticorrosion paint.

### ***Resumo***

---

O setor marítimo começou a utilizar hidrojateamento na Europa para manutenção de revestimentos. É uma questão de querer ser ambientalmente responsável. Quando o flash rusting é muito pesado/intenso para a aplicação do revestimento, ele pode ser removido ou reduzido por escovação com escova de cerda dura ou de arame, ou por lavagem com água doce à alta pressão. Isto fará com que a área reoxide, mas é possível reduzir o grau de flash rusting de pesado para leve usando este método. Entretanto, o flash rusting pode ser prevenido através do uso de inibidores de corrosão química solúveis em água. Estes inibidores podem deixar uma camada cristalina na superfície do aço à medida que a água evapora, podendo acarretar perda de aderência e formação de bolhas osmóticas, se os revestimentos forem aplicados sobre este tipo de superfície. Para condições atmosféricas, atualmente já não há a necessidade de remoção do inibidor antes da aplicação dos revestimentos, entretanto, para

---

<sup>a</sup> Engenheiro Químico – AKZO NOBEL – Químico Sênior

<sup>b</sup> Engenheiro Químico – AKZO NOBEL – Gerente de Desenvolvimento de Negócios

condições de imersão sim, principalmente quando houver temperatura envolvida. Pensando nisso, o objetivo deste trabalho é estudar o desempenho do produto da Akzo Nobel quando aplicado sobre superfícies tratadas com inibidor de flash rusting, em condição de imersão a elevadas temperaturas. Painéis de aço carbono com diferentes preparações de superfície foram revestidos com o produto que atende a Norma Petrobras N-2912 Tipo II e submetidos a ensaio de Célula Atlas durante 2.000 h, com inspeções periódicas a cada 500 h.

**Palavras-chave:** flash rusting, inibidores, pintura anticorrosiva.

## **Introdução**

---

O jateamento com água a pressões muito altas ou hidrojateamento é uma técnica de limpeza de superfícies que depende inteiramente da energia da água atingindo uma superfície para alcançar seu efeito de limpeza. Este processo não utiliza abrasivos, de modo que elimina os problemas causados pela poluição proveniente da poeira e da eliminação de abrasivos usados. O custo da preparação de superfície convencional com abrasivos tem aumentado devido às regulamentações ambientais, cada dia mais exigentes, que requerem a disposição cara de abrasivos. Além da redução das emissões de poeira e resíduos que tornam o processo de hidrojateamento mais amigável ao meio ambiente e seres humanos, o uso da água como um componente do processo permite que se efetue uma lavagem de todos os contaminantes solúveis não visíveis em conjunto com a limpeza da superfície.

As superfícies metálicas produzidas por hidrojateamento não se parecem com as produzidas por jateamento abrasivo seco ou jateamento úmido, isto ocorre, pois, a água por conta própria não pode cortar ou deformar aço como os abrasivos. As superfícies hidrojateadas, portanto, tendem a parecer foscas, mesmo antes de apresentarem flash rusting. Quando o flash rusting é muito pesado/intenso para a aplicação do revestimento, ele pode ser removido ou reduzido por escovação com escova de cerda dura ou de arame, ou por lavagem com água doce à alta pressão. Isto fará com que a área reoxide, mas é possível reduzir o grau de flash rusting de pesado para leve usando este método.

Entretanto, o flash rusting pode ser prevenido através do uso de inibidores de corrosão química solúveis em água. Estes inibidores podem deixar uma camada cristalina na superfície do aço à medida que a água evapora, podendo acarretar perda de aderência e formação de bolhas osmóticas, se os revestimentos forem aplicados sobre este tipo de superfície. Para condições atmosféricas, atualmente já não há a necessidade de remoção do inibidor antes da aplicação dos revestimentos, entretanto, para condições de imersão sim, principalmente quando houver temperatura envolvida. Pensando nisso, o objetivo deste trabalho é estudar o desempenho do produto da Akzo Nobel quando aplicado sobre superfícies tratadas com inibidor de flash rusting, em condição de imersão a elevadas temperaturas. Painéis de aço carbono com diferentes preparações de superfície foram revestidos com o produto que atende a Norma Petrobras N-2912 Tipo II (1) e submetidos a ensaio de Célula Atlas, segundo a Norma ASTM C 868-02 (2), a 60 °C durante 2.000 h, com inspeções periódicas a cada 500 h.

## Metodologia

O ensaio de Célula Atlas está sendo realizado de acordo com a Norma ASTM C 868-02, portanto, ele é utilizado para avaliar a resistência de um revestimento imerso na fase líquida, na fase de vapor e na interface líquido-vapor a uma temperatura específica. A duração do ensaio será de 2.000 h e, após este período, serão realizados ensaios de aderência Pull Off em conformidade com a Norma ISO 4624 (3), com a utilização do equipamento PosiTest AT-A, em todos os painéis, em cada área de contato com a solução, especificada na Norma Petrobras N-2912. As preparações de superfície, aplicação e os ensaios estão sendo realizados em nosso Laboratório de Pesquisa e Desenvolvimento, localizado em Santo André – SP. A figura 1 mostra as Células Atlas em teste e a célula consiste dos seguintes materiais: célula de vidro; termômetro; coluna de condensação; resistência elétrica; controlador de potência e 2 painéis de teste.

Os ensaios foram realizados com as seguintes características:

### Preparação de superfície:

Painéis de aço carbono de seção circunferencial e diâmetro de 150 mm, com grau A de intemperismo, segundo a Norma ISO 8501-1 (4), passaram por processo de jateamento abrasivo com granalha de aço, até o padrão de limpeza Sa 2 ½, conforme a mesma Norma, e até atingir perfil de rugosidade de 72 micrometros, em média. Portanto, foi utilizado o fator de redução da espessura da película seca de 40 micrometros, de acordo com a Norma ABNT NBR 10443 (5).

Dentre os painéis; 2 foram então imersos em uma solução de 1:50 (1 parte de um inibidor de flash rusting composto basicamente por uma Tri(hidroxietil) amina e água, para 50 partes de água desmineralizada) e então, submetidos ao intemperismo por 48 h, em um ambiente com categoria de corrosividade atmosférica C3, de acordo com a Norma ISO 12944-2 (6). Após este período, removeu-se o inibidor com lavagem à baixa pressão, somente de um dos painéis antes da aplicação do revestimento [painel #1 (com remoção do inibidor) e painel #2 (sem remoção do inibidor)]; 1 painel foi imerso em água doce e submetido ao intemperismo até atingir flash rusting de grau leve (painel #3), de acordo com a Norma SSPC-VIS N° 4 / NACE VIS 7 (7); e 1 painel foi mantido em uma caixa com sílica gel pré-tratada (painel #4).

Após as preparações descritas acima, o teor de sais solúveis na superfície de cada painel foi medido através da Norma ISO 8502-6 (8), apresentando os resultados abaixo, da tabela 1, conforme expostos nas figuras 2 a 5.

**Tabela 1 - Teor de sais solúveis na superfície dos painéis**

Referência	Resultado ( $\mu\text{g}/\text{cm}^2$ )
Painel #1	0,8
Painel #2	2,0
Painel #3	0,8
Painel #4	1,6

**Aplicação do revestimento:**

A aplicação do produto alvo do presente estudo foi realizada à trincha, sob as condições climáticas apresentadas abaixo:

Temperatura ambiente: 22,3 °C  
Umidade relativa do ar: 71,0 %  
Ponto de orvalho: 16,0 °C  
Temperatura da superfície: 24,6 °C

A espessura da película seca foi de 450 micrometros e os painéis permaneceram por 7 dias em condições controladas de temperatura e umidade relativa, antes da realização do ensaio de Célula Atlas a  $(60 \pm 2)$  °C, durante 2.000 h, com inspeções periódicas a cada 500 h.



**Figura 1 – Células Atlas**



**Figura 2 – Medição de sais solúveis  
(Painel #1)**



**Figura 3 – Medição de sais solúveis  
(Painel #2)**



**Figura 4 – Medição de sais solúveis  
(Painel #3)**



**Figura 5 – Medição de sais solúveis  
(Painel #4)**

---

## Resultados e discussão

---

Até o momento foi realizada 1 inspeção (após 500 h de ensaio) em ambas as Células Atlas, portanto, as células foram abertas e os revestimentos foram, visualmente, avaliados nas áreas de contato com a fase líquida, vapor e na interface líquido-vapor, com o objetivo de verificar as seguintes características:

### **Variação de cor:**

Uma pequena variação de cor entre as áreas de contato com a fase líquida e vapor foi observada em todos os painéis, sendo algo esperado e que não compromete o desempenho do revestimento.

### **Variação de brilho:**

Não foi observada variação de brilho entre as áreas de contato com a solução em todos os painéis.

### **Aspecto superficial:**

Não foram detectados sinais de erosão química ou física em todos os painéis.

### **Evidência de bolhas, craqueamento e delaminação:**

Nos painéis preparados com aplicação do inibidor de flash rusting, com e sem remoção do mesmo antes da aplicação do revestimento, foi observada a presença de bolhas osmóticas com grau 4 (S4), de acordo com a Norma ISO 4628-2 (9), nas áreas de contato com a fase vapor da solução. Nenhuma degradação foi notada nos outros 2 painéis.

### **Variação de pH da solução:**

Durante cada inspeção será realizada a medição de pH de cada solução. Como podemos notar, após 500 h de ensaio houve uma variação muito pequena, que pode ser considerada normal. A tabela 2 abaixo mostra a variação de pH das soluções durante o ensaio:

**Tabela 2 – Medição de pH das soluções das Células Atlas**

Célula Atlas	Inicial	1ª inspeção
Nº 1	5,0	5,2
Nº 2		5,3

As figuras 6 a 17 mostram os painéis antes e após a aplicação do revestimento, assim como após 500 h de ensaio.



**Figura 6 – Painele #1 imediatamente antes da aplicação**



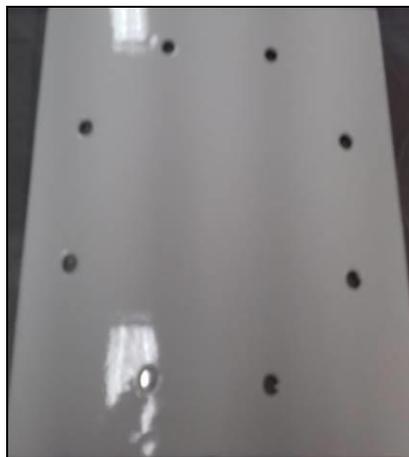
**Figura 7 – Painele #2 imediatamente antes da aplicação**



**Figura 8 – Painele #3 imediatamente antes da aplicação**



**Figura 9 – Painele #4 imediatamente antes da aplicação**



**Figura 10 – Painele #1 imediatamente após a aplicação**



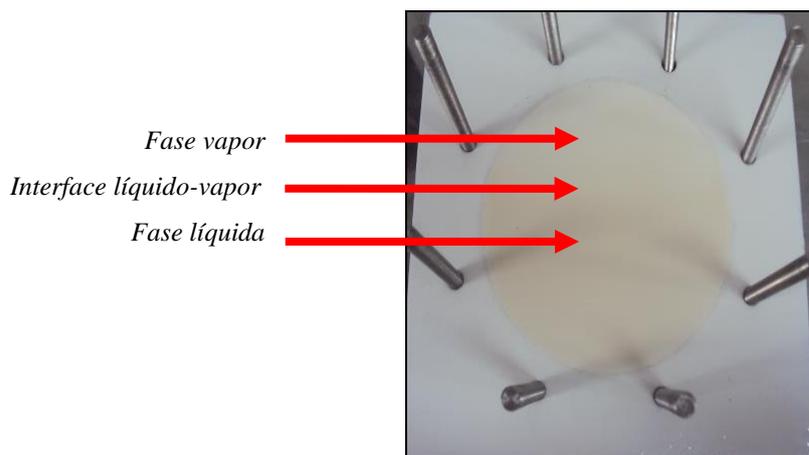
**Figura 11 – Painele #2 imediatamente após a aplicação**



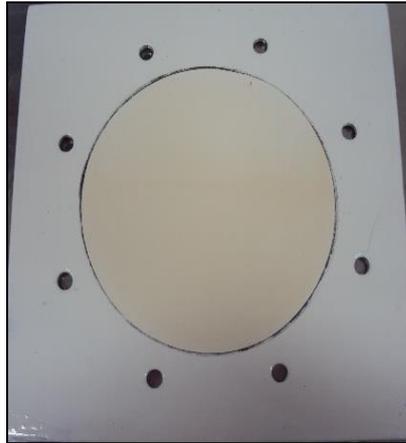
**Figura 12 – Painele #3 imediatamente após a aplicação**



**Figura 13 – Painele #4 imediatamente após a aplicação**



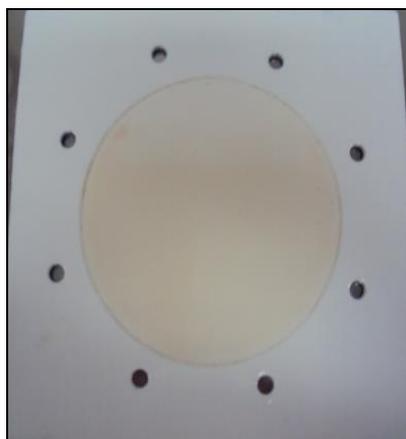
**Figura 14 – Painele #1 após 500 h de ensaio (formação de bolhas osmóticas na fase vapor)**



**Figura 15 – Painele #2 após 500 h de ensaio (formação de bolhas osmóticas na fase vapor)**



**Figura 16 – Painele #3 após 500 h de ensaio mostrando apenas variação de cor entre as fases líquida e vapor**



**Figura 17 – Painele #4 após 500 h de ensaio mostrando apenas variação de cor entre as fases líquida e vapor**

---

Os ensaios de aderência Pull Off serão realizados após 7 dias da última inspeção dos painéis. Este procedimento será feito com o objetivo de promover o condicionamento do revestimento após as 2.000 h de teste.

### **Conclusões**

---

Com base nos resultados obtidos até o momento, após 500 h de ensaio no laboratório, na discussão dos mesmos e nas considerações feitas ao longo do trabalho, pode-se concluir que:

a) O produto da Akzo Nobel que atende a Norma Petrobras N-2912 Tipo II aplicado sobre a superfície tratada com o inibidor de flash rusting utilizado neste estudo, tanto sem a posterior remoção do mesmo quanto com lavagem da superfície com água doce à baixa pressão antes da aplicação do revestimento, apresentou bolhas osmóticas na fase vapor após 500 h de ensaio de Célula Atlas a 60° C, portanto, o uso do inibidor, com o método de aplicação por imersão e posterior tentativa de remoção com lavagem à baixa pressão, em condição de imersão à elevada temperatura não se mostrou eficiente dentro dos objetivos do estudo;

b) É possível que a concentração do inibidor na superfície, devido ao método de aplicação utilizado, tenha sido elevada, e o posterior processo de lavagem da superfície utilizado não tenha sido eficaz para a total remoção do mesmo. Como o inibidor possui uma amina solúvel em água (informada na seção de composição do produto conforme FISPQ), por ter propriedade higroscópica, sugere-se que esta tenha atraído e retido água no filme, com consequente formação de bolhas na fase vapor;

c) Será realizado um novo ensaio no laboratório, preparando painéis com aplicação do inibidor, com uma pressão mínima de 500 psi, na tentativa de garantir uma adequada aplicação e uniforme umectação dos picos e vales do perfil de rugosidade, uma vez que a composição do inibidor reduz a tensão superficial da água. Após 48 h em intemperismo, o removeremos da superfície de somente um dos painéis com água doce à alta pressão (3.000 psi) antes da aplicação do revestimento, e repetiremos o ensaio de Célula Atlas nestas condições.

### **Referências bibliográficas**

---

(1) Petrobras, **Tinta Epóxi Novolac**, CONTEC – Comissão de Normalização Técnica, N-2912, 2011.

(2) ASTM C 868-02:2012, **Standard Test Method for Chemical Resistance of Protective Linings**, ASTM, Philadelphia, USA (2015).

(3) ISO, Paints and varnishes – **Pull-off test for adhesion**, ISO4624, Gêneve, 2016.

(4) ISO, **Preparation of steel substrates before application of paints and related products** – Visual assessment of surface cleanliness – Part 1: Rust grades and preparation grades of uncoated steel substrates and of steel substrates after overall removal of previous coatings, ISO8501-1, Gêneve, 2007.

- (5) ABNT, **Tintas – Determinação da espessura da película seca**, ABNT NBR 10443, Rio de Janeiro, CB-10 – Comitê Brasileiro de Química, Petroquímica e Farmácia, 1988.
- (6) ISO, Paints and Varnishes, **Corrosion protection of steel structures by protective paint systems**, ISO12944-2:1998, Genève, 2016.
- (7) SSPC VIS-4/NACE VIS 7 – **Guide and Reference Photographs for Steel Surfaces Prepared by Waterjetting**.
- (8) ISO, **Extraction of soluble salts for analysis** – The Bresle Method, ISO8502-6, Genève, 1995.
- (9) ISO, Paints and Varnishes – **Evaluation of degradation of coatings** – Designation of quantity and size of defects, and of intensity of uniform changes in appearance, ISO4628, Genève, 2000.
- (10) CLIVE, H. H. **Protective Coatings: Fundamentals of chemistry and composition**. 1. ed. Pittsburgh. Technology Publishing Company, 1994. v.1 514p.
- (11) PaintSquare News Top Stories, **Lydia Frenzel Talks Waterjetting Challenges**, October 19, 2017.