INFLUÊNCIA DO ADITIVO SILANO SOBRE A ADESÃO DAS TINTAS EM SUBSTRATOS METÁLICOS



Revista Eletrônica Multidisciplinar FACEAR

ISSN: 2316-2317

Rafael Tenório de Lima, Heron Pereira Mendes
Orientador: Antônio Donizete Fabian

Faculdade Educacional Araucária

RESUMO

Tinta é um filme pigmentado, na forma líquida com propriedades de formar película após sua polimerização ou cura, composto por uma mistura de solventes, pigmentos, resinas, cargas e aditivos. As resinas mais importantes e mais utilizadas nas tintas para proteção do aço são: Alquídicas, Acrílicas, Epoxídicas, Poliuretânicas, Etil Silicato e Silicone. Um dos maiores problemas em um revestimento é a falta de adesão ao substrato. Para abordar todas as questões que envolvem o desplacamento se torna inviável, desta forma, o presente trabalho ira analisar alguns aspectos que tem fundamental importância nesse tipo de falha, que são: Tipo de Substrato ex: aço carbono, aço zincado por imersão a quente em sistema continuo e aço zincado por imersão a quente em sistema por batelada; Preparação de superfície: melhor pre tratamento para aumentar área de contato, quanto mais ponto de contato melhor a adesão; Aditivos promotores de adesão ou aderência. O estudo concentrou-se na preparação de superfície, preparação de tintas, teste de fita e teste de tração. O aditivo Silano mostrou-se eficiente na melhora da adesão do polímero ao substrato, assim como o aço carbono e o jateamento abrasivo apresentaram os melhores resultados.

Palavras chave: Tinta, adesão, substrato.

ABSTRACT

A pigment ink is in liquid form with film forming properties after drying or curing, comprises a formed mixture of solvents, pigments, resins, fillers and additives. The most important and most used in paints for painting steel resins are: Alkyd, Acrylic, Epoxy, Polyurethane, Silicone and Ethilsilicate. One of the biggest problems is a lack of coating adhesion to the substrate. To address all issues involving the peeling becomes unviable, thus, the present work will analyze some aspects that have fundamental importance in this type of failure, which are: Substrate Type eg carbon steel, galvanized steel by hot dipping in continuous system and steel hot-dip galvanized in a batch system; Surface preparation: best pre treatment to increase the contact area, the more touch point better adherence; Adhesion promoters or additives grip. The study focused on surface preparation, preparation of paints, tape test and tensile test. The silane additive proved to be efficient in improving the adhesion of the polymer to the substrate as well as the carbon steel and abrasive sandblasting showed the best results.

Keywords: Paint, adhesion, substrate.

INFLUENCIA DO ADITIVO SILANO SOBRE A ADESÃO DAS TINTAS EM SUBSTRATOS METALICOS

1. INTRODUÇÃO

Segundo a definição das normas ISO 12944-1, ASTM D 16 e ABNT NBR 15156, tinta é uma camada pigmentada, na forma líquida, em pasta ou em pó, com propriedades de formar película após sua polimerização ou cura, que quando aplicado a um substrato é convertido em um filme solido com propriedades protetivas e/ou decorativa, composto por uma mistura formada de solventes, pigmentos, resinas, cargas e aditivos.

Em uma tinta são utilizadas composições mesclas de solventes, onde são misturados, solventes leves, médios e pesados em proporções que permitam a evaporação rápida dos mais leves e os mais pesados deixem a película posteriormente para que a tinta possa ter melhor penetração “umectação” na superfície e melhor nivelamento (FAZENDA 1995).

Os Pigmentos são pós-finos, e podem ser brancos, pretos, coloridos, incolores, metálicos, anticorrosivos e inertes. Os anticorrosivos tem a função de proteger o aço contra a corrosão, os inertes não possuem cor nem são anticorrosivos, porem são muito utilizados para conseguir propriedades, como: resistência à abrasão, lixabilidade, fosqueamento das tintas, etc (GNECCO, MARIANO e FERNANDES,2003).

As resinas também conhecidas como aglomerantes ou veículo fixo, são os componentes mais importantes das tintas, pois são as responsáveis pelas propriedades de aderência, impermeabilidade, flexibilidade e proteção por barreira. Elas são, em sua maioria, orgânicas, de natureza polimérica (FAZENDA 1995).

As resinas mais importantes e mais utilizadas nas tintas para pintura de aço são: Alquídicas, Acrílicas, Epoxídicas, Poliuretânicas, Etil Silicato e Silicone. As Resinas Epóxi em sua grande maioria são constituídas de Éter Diglicidil de Bisfenol A (EDGBA) catalisadas com poliaminas, poliamidas e com isocianato alifático (GNECCO, MARIANO e FERNANDES, 2003).

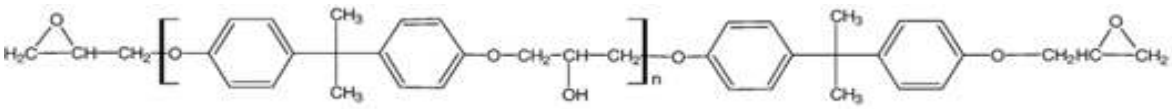


Figura 1. Estrutura Molecular da Resina Epóxi Diglicidil Éter de Bisfenol – A
Fonte: GNECCO, MARIANO e FERNANDES, (2003)

A resina epóxi é transformada em um polímero termorrígido através de um processo denominado cura, onde atuam agentes de cura, também chamados endurecedores. No processo de cura a resina epóxi e o endurecedor são transformados de um material de baixa massa molar em uma rede rica em ligações cruzadas “cross link” e de maior massa molar (SHACKELFORD 2008).

Um dos maiores problemas em um revestimento é a falta de adesão ao substrato que fatidicamente leva a corrosão devido à exposição do substrato ao clima ao qual esta exposto, ou quando aplica-se um revestimento para efeito estético e tem seu desplacamento em pouco tempo de exposição. Em ambos os casos o desplacamento é um problema que deve ser analisado em diversas óticas, podendo ser problema de especificação, mal preparo da superfície e baixa área de contato entre substrato e revestimento.

Para abordar todas as questões que envolvem o desplacamento se torna inviável, desta forma, este trabalho ira analisar alguns aspectos que tem fundamental importância nesse tipo de falha, que são: Tipo de Substrato ex: aço carbono, aço zincado por imersão a quente em sistema continuo e aço zincado por imersão a quente em sistema por batelada; Preparação de superfície: melhor pré tratamento para aumentar

área de contato, quanto mais ponto de contato melhor a adesão; Aditivos promotores de adesão ou aderência.

O método de adesão das tintas é característico do seu tipo de resina bem como as cargas e pigmentos que compõem a mesma. Neste estudo iremos concentrar nas resinas epóxi, que são os primer mais comuns utilizados na industrial de metal mecânica.

2. DESENVOLVIMENTO

2.1 AÇO CARBONO

Aços são ligas ferro-carbono que contem pequenas concentrações de outros elementos de liga, suas propriedades mecânicas são sensíveis ao teor de carbono, que geralmente é menor que 1,0% em peso. Existem milhares de ligas que têm diferentes composições e/ou tratamentos térmicos. Os aços mais comuns são classificados de acordo com a porcentagem de carbono e são: tipos baixo-carbono, médio-carbono e alto-carbono (CALLISTER,1991).

2.2 GALVANIZAÇÃO POR IMERSÃO A QUENTE

Esse estudo utilizara dois sistemas de galvanização por imersão a quente, o sistema por batelada e o contínuo.

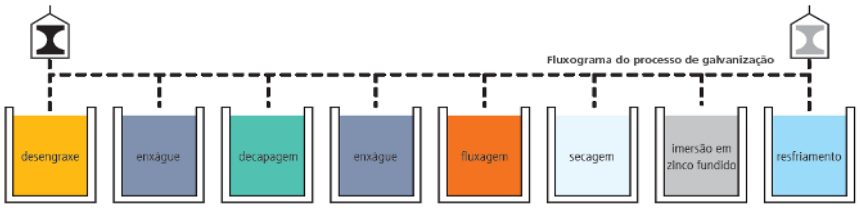


Figura 2 – Fluxograma do Processo de Galvanização. Sistema por Batelada

Fonte: Guia de Galvanização por Imersão a Quente – ICZ (2010)

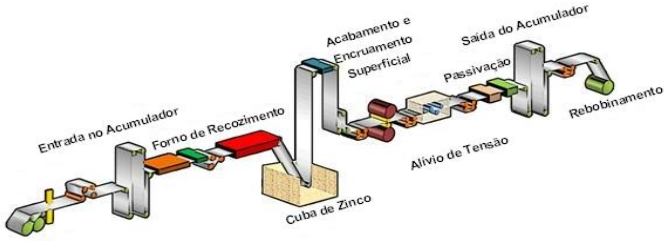


Figura 3 - Fluxograma do Processo de Galvanização. Sistema Continuo

Fonte: http://www.isl.com.pk/hdg.aspx (2014)

2.3 CORROSÃO

Segundo NUNES (2007), corrosão pode ser definida como sendo a deterioração que ocorre quando um material reage com seu ambiente, levando à perda de suas propriedades. Através do processo de corrosão, o material passa da forma metálica, energeticamente metaestável, a forma combinada, energeticamente mais estável, resultando em desgaste, perda de propriedades, alterações estruturais, etc, sendo que as reações de corrosão são espontâneas, diferente do processo de metalurgia, onde se adiciona energia ao processo para a obtenção do metal.

Quando o metal ou liga está exposto a um eletrólito, normalmente água "Corrosão Eletroquímica" a reação é tipicamente chamada de corrosão em meio aquoso. Como consequência do funcionamento das pilhas tem-se a reação de oxidação em um local e a reação de redução em outro, havendo um deslocamento dos elétrons envolvidos entre os dois locais (NUNES, 2007, SHOESMITH, 2003).

2.4 TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE

Um dos fatores de maior importância para o bom desempenho da pintura é o preparo da superfície e a correta analise sobre todos os fatores que envolvem a especificação. Preparar a superfície do aço significa executar operações que permitam obter limpeza e rugosidade: a limpeza elimina os materiais estranhos, como contaminantes, oxidações e tintas mal aderidas, que poderiam prejudicar a aderência da nova tinta, a rugosidade aumenta a área de contato e também ajuda a melhorar esta aderência (GNECCO, MARIANO e FERNANDES*,* 2003).

Segundo GNECCO, MARIANO e FERNANDES (2003), as tintas aderem aos metais por três diferentes tipos de ligações: ligações físicas, químicas ou mecânicas, sendo que, as duas primeiras ocorrem através de grupos de moléculas presentes nas resinas das tintas que interagem com grupos reativos ou sítios reativos existentes nos metais, e a terceira, ligação mecânica se dá sempre associada a uma das outras duas e implica na necessidade de certa rugosidade na superfície.

2.5 ADITIVOS PROMOTORES DE ADESÃO

Segundo EBNESAJJAD (2008), o termo Adesão refere-se ao estado em que dois corpos diferentes estão ligados por íntimo contato interfacial de tal forma que a força mecânica ou de trabalho pode ser transferido através da interface. As forças interfaciais segurando as duas fases em conjunto, podem surgir a partir de forças de Van der Waals, ligação química, ou atração eletrostática. A resistência mecânica do sistema é determinada não só pelas forças interfaciais, mas também pelas propriedades mecânicas da zona interfacial e as duas fases a granel.

A adesão é um fenômeno complexo relacionado com os efeitos físicos e reações químicas na interface. Com base no revestimento utilizado e da química e física da superfície do substrato, uma ou uma combinação destes mecanismos podem estar envolvidos (SCHWEITZER, 2006).

2.6 LIGAÇÃO MECÂNICA

Segundo SCHWEITZER (2006), quando uma superfície contém poros, orifícios, fendas, e espaços vazios em que o revestimento se espalha e solidifica, uma ligação mecânica é formado. Quando isso ocorre, o revestimento atua como uma âncora mecânica tornando a remoção do mesmo mais difícil.

2.7 ATRAÇÃO ELETROSTÁTICA

Segundo EBNESAJJAD (2008), esta teoria propõe que a adesão ocorre devido a efeitos eletrostáticos entre o adesivo e o aderente. Como resultado de estruturas de bandas eletrônicas diferente, uma transferência de elétrons deveria ocorrer entre o adesivo e o aderente. Forças eletrostáticas sob a forma de uma dupla camada elétrica são, assim, formadas no adesivo - interface aderente, sendo as mesmas responsáveis pela resistência à separação.

2.8 LIGAÇÃO QUÍMICA

A formação de ligações químicas cruzadas através da interface provavelmente ocorre em revestimentos termofixos. Tais ligações deverão ser mais forte e mais durável. Para que isso ocorra, é necessário que os grupos químicos

mutuamente reativos sejam fortemente ligados na superfície do substrato e no revestimento (SCHWEITZER, 2006).

Vários tipos de ligação química podem ocorrer entre um revestimento e um substrato em particular (EBNESAJJAD, 2008).

Organosilanos são amplamente utilizados em seladores “gel coat” para fibras de vidro para promover a adesão entre o selador e a fibra de vidro que é reforçada com resina poliéster. Eles também são usados como primer para promover a adesão de resinas aos minerais, metais e polímeros diversos (SCHWEITZER, 2006).

Durante a aplicação, grupos silanol que são produzidos reagem com os grupos silanol na superfície do vidro ou, possivelmente, com grupos de óxido de outro metal para formar ligações forte de éter. Se um substrato contém grupos hidroxila reativo que podem interagir com os grupos de diisocianato contendo revestimentos de poliuretano termofixo, uma ligação química também ocorre (SCHWEITZER, 2006).

Uma das maneiras em que a adesão pode ser melhorada é através da utilização de promotores de aderência. Este é um termo geral para todas as substancias “aditivos” que melhoram a força adesiva entre os materiais (ORTELT, 2000).

Segundo TADROS (2010), é bem conhecido que os átomos ou moléculas sempre se atraem mutuamente em distâncias curtas. As forças atrativas são de três tipos diferentes:

A: interação dipolo-dipolo: A eletronegatividade diferenciada dos átomos que constituem uma molécula pode fazer com que esta apresente cargas virtuais (dipolo) em função de uma distribuição não uniforme dos elétrons (GALEMBECK, GANDUR, 2014).

B: interação dipolo-induzida: Moléculas com distribuição uniforme da nuvem eletrônica podem ser polarizadas por dipolos, o que define um dipolo induzido. (GALEMBECK, GANDUR, 2014).

C: força de dispersão London: Trata-se da força de adesão mais comum, encontrada em praticamente todos os materiais. Surge da formação de dipolos instantâneos, provocando a formação de dipolos induzidos instantâneos, quando átomos ou moléculas com distribuição de cargas uniforme se aproximam. É responsável, por exemplo, pela coesão molecular de polímeros e não polares como o polietileno, SBR, borracha natural e borracha butílica (GALEMBECK, GANDUR, 2014).

Destes três, a força de dispersão London é a mais importante, uma vez que surge de flutuações na distribuição da densidade de elétrons e ocorrem em ambas as moléculas polares e não polares (TADROS 2010).

2.9 INTERAÇÕES POR PONTES DE HIDROGÊNIO

Segundo (GALEMBECK, GANDUR, 2014), um caso bastante particular das interações dipolo-dipolo são as interações que contêm o hidrogênio ligado a elementos eletronegativos como o F, O, N e Cl. O tamanho bastante pequeno deste átomo é o fator que diferencia as interações por pontes de hidrogênio das interações dipolo-dipolo normais. Estas interações são muito importantes em adesão, visto a presença bastante comum de hidroxilas em superfícies.

A proteção efetiva dos substratos só é possível se o revestimento adere suficientemente. Os requisitos para a formulação da tinta muitas vezes incluem especificações para o uso de tipos específicos de ligantes “resinas”, de modo que os problemas de adesão são muitas vezes previstos. Em tais casos, a adição de promotores de adesão pode ser a única solução (ORTELT 2000).

Geralmente o modo de ação dos promotores de adesão é baseado, em parte, a formação de ligações químicas com a superfície do substrato e o ligante “resina”, e, em parte, um aumento da umectação da superfície ou sobre formação de uma camada intermediaria entre o substrato e um ligante (ORTELT 2000).

Segundo ORTELT (2000), alguns promotores de adesão podem ser utilizados como aditivos para a formulação em questão, ou podem ser utilizados sob a forma de um pré-tratamento da superfície. A vantagem deste último procedimento é que o promotor de adesão esta localizado diretamente na camada adesiva e por isso é mais capaz de exercer o seu efeito.

Segundo PLUEDDEMANN (2001), promotores de adesão à base de silano são compostos de silicone organofuncionais que promovem a adesão dos revestimentos ao substrato, melhorando especialmente sua resistência ao descolamento sob condições de umidade, são geralmente formulados em iniciadores ou adicionados a níveis relativamente baixos para revestimentos.

Ao utilizar corretamente o organosilano, uma tinta de aderência pobre, revestimento, adesivo ou selante pode ser convertido a um material que irá frequentemente manter a adesão, mesmo se sujeito a severas condições ambientais, isto é, por exemplo, alta temperatura, imersão submarina ou radiação UV (MATERNE, BUYL, WITUCKI, 2012).

2.10 A REAÇÃO DO GRUPO FUNCIONAL SILICONE

As resinas industriais e fabricantes de adesivos extensivamente empregam reagentes de acoplamento de silano para melhorar a adesão a substratos tais como vidro, metais, alvenaria e materiais (MacMillan, 2014).

A condensação com os grupos hidroxila da superfície inorgânica produz uma ligação firme ao substrato. Também de grande importância para uma boa ligação é a formação de pontes de hidrogênio. Diferentes materiais inorgânicos possuem atividade de superfície diferente no que diz respeito ao silanos. Vidro, quartzo e mica são considerados bons. O óxido de magnésio, caulim, talco, cargas silicáticas, óxido de ferro, dióxido de titânio, e pigmentos inorgânicos, possuem atividade moderada, enquanto o negro de fumo, cal, sulfato de bário e sulfato de cálcio (gesso) são de baixa atividade. Metais com boa afinidade incluem o ferro, alumínio, zinco e cobre. Boa ligação também pode ser estabelecida com materiais de construção minerais como a pedra natural, concreto, cal arenito, tijolos e telhas (ORTELT 2000).

Ao utilizar silanos como agentes promotores de adesão, deve ser lembrado que, dependendo da concentração de silano e o pH, polissiloxanos insolúvel em água pode ser formado e que os silanois resultantes e o ligante de revestimento pode também reagir (ORTELT, 2000).

O aditivo utilizado para os testes será o Gamma – Glycidoxypropyltrimethoxysilane.

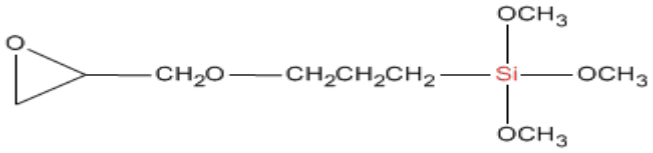


Figura 4 – Estrutura Química Gamma - Glycidoxypropyltrimethoxysilane

Fonte: http://www.asiasilicones.com/silanes/G11%20%5B2530-83-8%5D.html (2007)

METODOLOGIA

Conforme normas ABNT NBR 15877, ABNT NBR 11003 e ISO 8501-1.

Preparo das Superfícies para Pintura:

Chapas de Aço Carbono: Removeu-se a carepa de laminação através do sistema de jateamento abrasivo até atender o padrão visual Sa 2 ½ conforme norma ISO

8501-1, e abrir perfil de ancoragem desta forma aumentar área de contato entre revestimento e substrato;

Chapas de Aço Zincado a Quente por Batelada “Sem Passivação e resfriada no tanque de resfriamento”; Chapas de Aço Zincado a Quente Sistema Continuo “Cristalização Normal e Oleada”: Removeu-se os contaminantes através da limpeza química conforme norma ABNT NBR 15158, através de um pano umedecido em solvente e passando em toda a superfície a ser pintada.

Preparação das Tintas:

Preparou-se as tintas conforme orientação do fornecedor. Para garantir uma maior confiabilidade no processo de mistura “catalise” utilizou-se a relação por peso. Após a homogeneização da mistura separou-se quatro amostra de duzentos ml cada, sendo a primeira amostra padrão, ou seja, sem aditivo, a segunda amostra adição de 0,5% de silano, a terceira adição de 1,0% e a quarta com 1,5%; Após nova homogeneização aguardou-se cinco minutos para aplicação. Na amostra da tinta T1 aplicou-se espessura úmida de 75µm em todos os seus corpos de prova, nas demais tintas aplicou-se 150 µm úmido.

A cura ocorreu em temperatura ambiente; após o tempo 10 dias corridos, realizou-se os testes de adesão pelo método de tração e o método fita.

Teste da Fita

Selecionou-se uma área plana, livre de imperfeiçoes, limpa e seca; executou-se cortes cruzados em ângulo reto, de modo a alcançar o substrato, formando-se grade de 25 quadrados; verificou-se se o substrato foi atingido com o auxilio de uma lupa; removeu-se de maneira uniforme e continua 10 cm de fita e aplicou-se sobre a área quadriculada em um dos sentidos do corte; alisou-se a fita com os dedos sobre a área quadriculada e em seguida esfregou-se firmemente a borracha no sentido longitudinal da fita para se obter uma uniformidade na transparência da fita aplicada; removeu-se a fita no intervalo de 1 a 2 minutos da aplicação, puxando-a firme e continuamente com uma velocidade aproximada de 20 cm/s e um ângulo próximo de 180°; examinou-se a área ensaiada quanto ao destacamento, logo após a remoção da fita classificando a aderência de acordo com a ABNT NBR 11003.

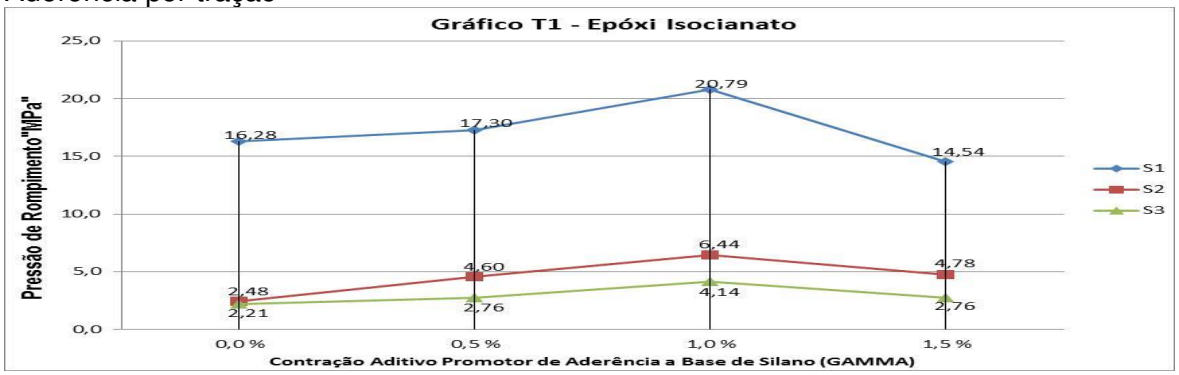
Aderência por Tração

Selecionou-se uma área plana, rígida e grande o suficiente para acomodar o numero especificados de ensaios e suportar uma força contraria; lixou-se as áreas selecionadas com lixa 400 para quebra de brilho; preparou-se o adesivo conforme recomendações do fabricante; aplicou-se o adesivo em toda área da face plana da peça de ensaio; colou-se quatro pinos (dollies); removeu-se o excesso do adesivo do entorno da peça de ensaio; aguardou-se vinte e quatro horas para a remoção das peças de ensaio; conectou-se cuidadosamente a garra central do dispositivo a peça de ensaio; alinhou-se a peça de ensaio, colocando o indicador de força zero; aumentou-se de forma suave, continua e progressiva a carga para a peça de ensaio; registrou-se a força máxima atingida no momento da ocorrência da ruptura ou a fora máxima aplicada; quantificou-se e qualificou-se a falha ocorrida.

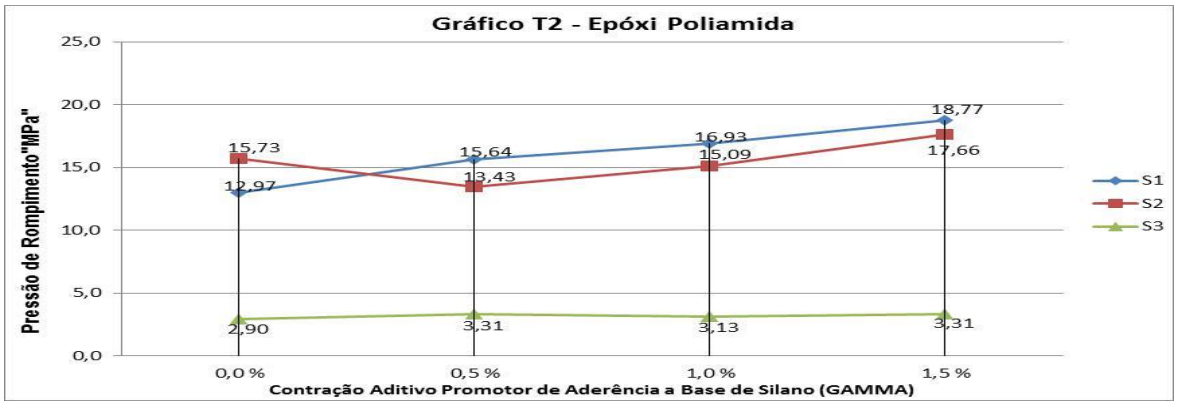
Resultados e Discussão

Representação Gráfica dos resultados para os testes de adesão: Aderência por tração e teste da Fita.

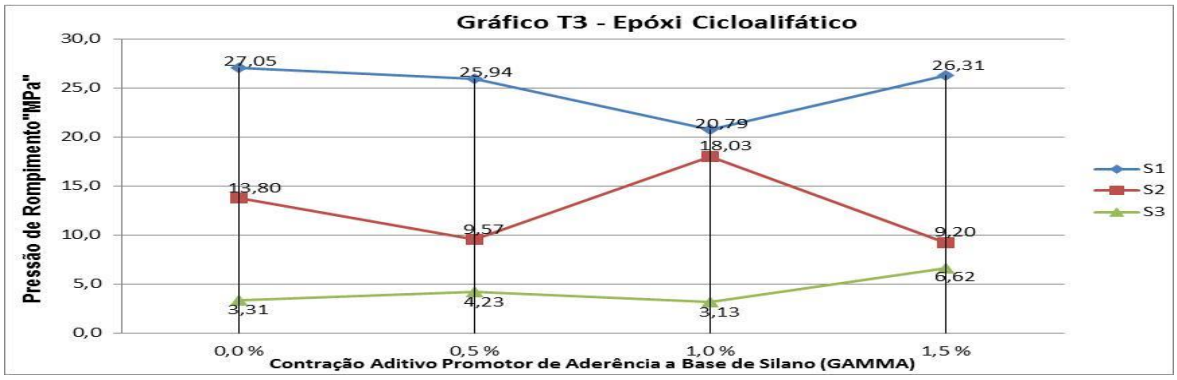
Aderência por tração



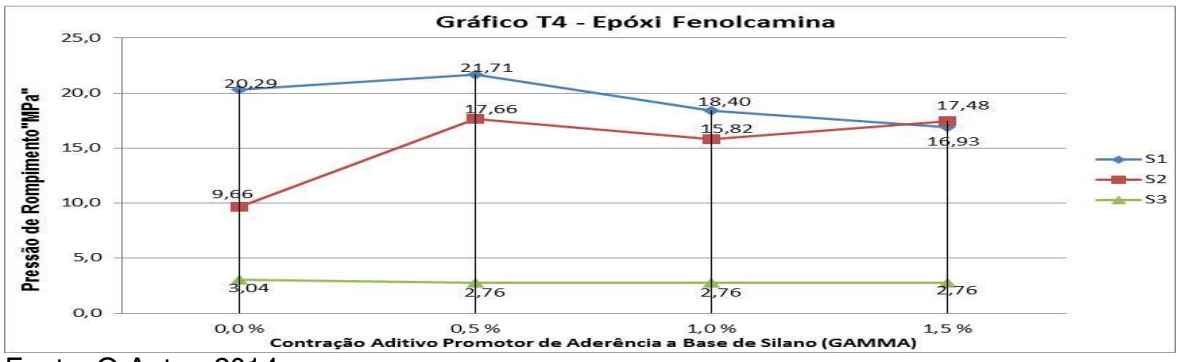
Fonte: O Autor, 2014



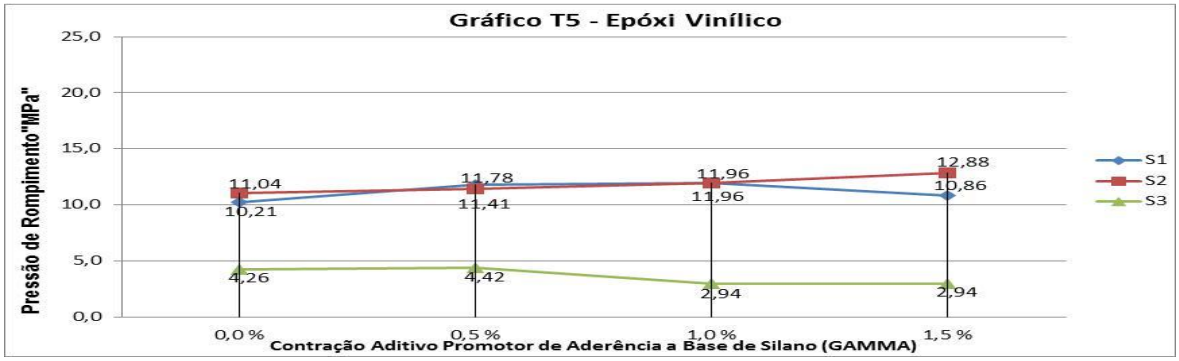
Fonte: O Autor, 2014



Fonte: O Autor, 2014

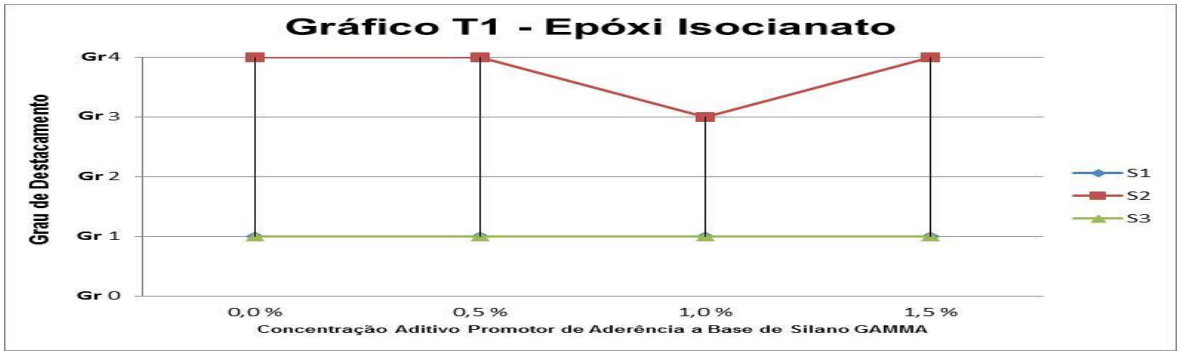


Fonte: O Autor, 2014

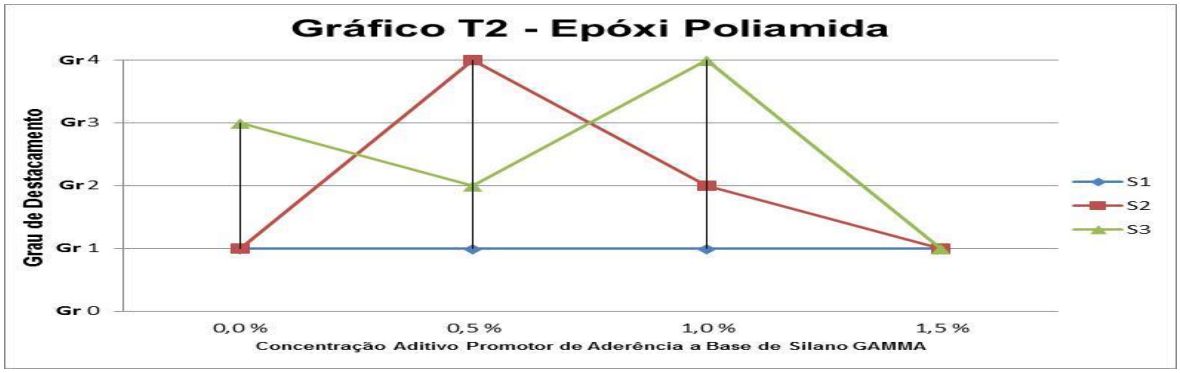


Fonte: O Autor, 2014

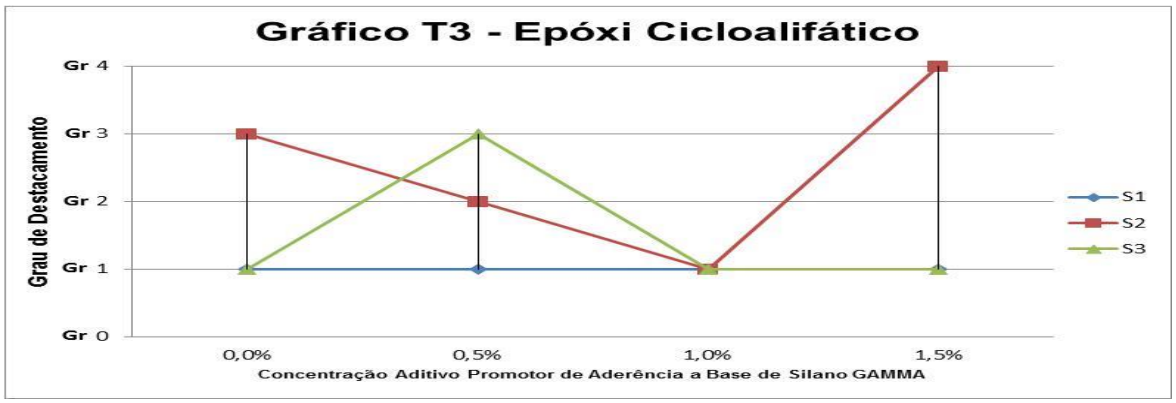
Teste da Fita



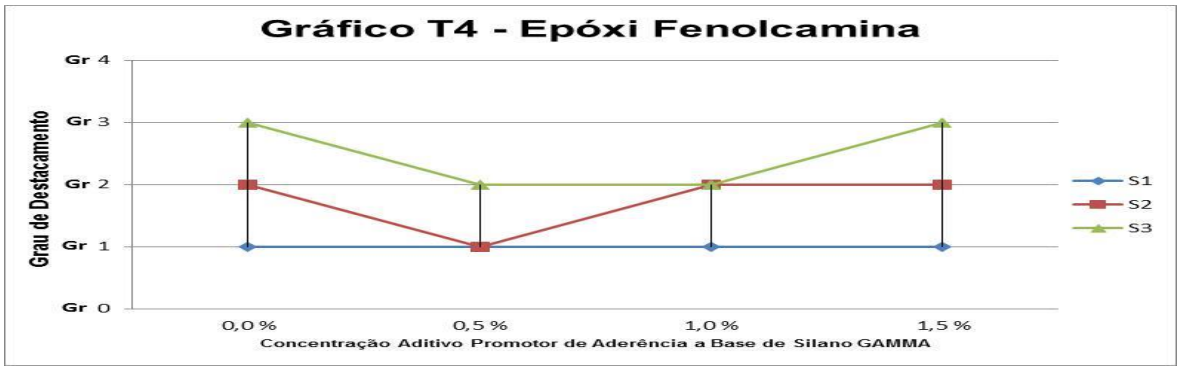
Fonte: O Autor, 2014



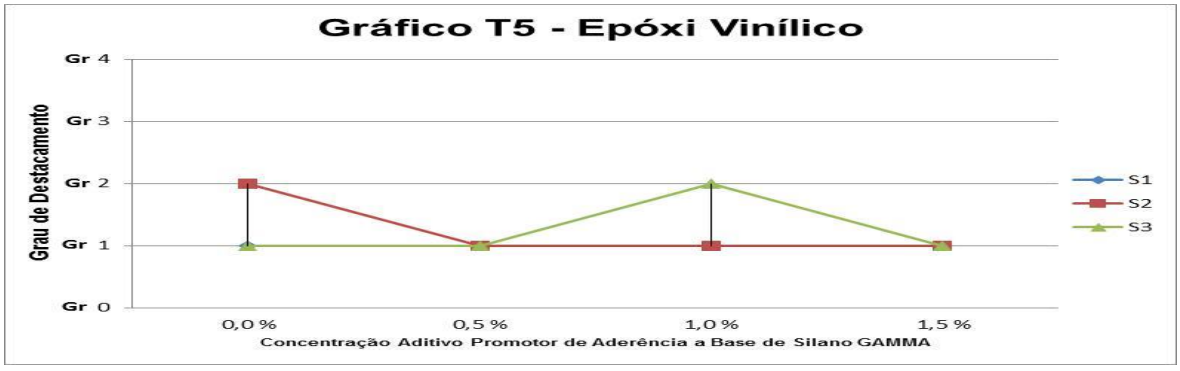
Fonte: O Autor, 2014



Fonte: O Autor, 2014



Fonte: O Autor, 2014



Fonte: O Autor, 2014
Legenda: S1- Aço Carbono; S2 - Aço Zincado a Quente por Batelada; S3 - Aço Zincado a Quente Sistema Continuo.

INFLUENCIA DO ADITIVO SILANO SOBRE A ADESÃO DAS TINTAS EM SUBSTRATOS METALICOS

Os silanos são compostos usados em uma larga escala de aplicações e atualmente são empregados nas indústrias não apenas por fornecer boa proteção á corrosão, mas também, por sua excelente propriedade de adesão em revestimentos orgânicos, uma vez que são conhecidos como bons agentes de acoplamento, são reagentes bifuncionais que possuem dois tipos de reatividades bem distintos na mesma molécula podendo reagir tanto com os compostos orgânicos quanto com materiais inorgânicos.

Os silanos organofuncionais têm três características estruturais: Grupos funcionais hidrolisáveis como os substituintes metoxi ou etoxi, através dos quais o silano pode se ligar a superfícies inorgânicas ou minerais (aderência, reação de união) ou os quais se reticulam mediante a formação de pontes Si-O-Si; Grupos orgânicos funcionais, através dos quais o silano pode interagir com o polímero orgânico e assim ficar ligado ao polímero; e uma cadeia de hidrocarbonetos, o chamado espaçador, entre grupo funcional e grupo silício-alcoxi, cuja extensão de cadeia tem uma influência considerável sobre a reatividade dos silanos.

A reação destes silanos envolve quatro passos. Inicialmente ocorre a hidrólise dos três grupos substituintes, a condensação de oligômeros segue. Os oligômeros então formam ligações de pontes de hidrogênio com grupos OH do substrato. Finalmente, durante a secagem ou cura, uma ligação covalente é formada com o substrato com a consequente perda de água.

Os grupos alcóxi das moléculas de silano sofrem reações de hidrólise em água para formar os grupos silanol hidrofílicos que interagem com o substrato metálico. Após as reações de hidrólises e formação das ligações de hidrogênio, os grupos Si-OH hidrolisados podem sofrer reações de condensação. Após a cura, ambas as ligações covalente Me-O-Si Si-O-Si são formadas na interface, sendo estas as ligações responsáveis pela excelente adesão do filme ao substrato metálico, bem como pela reticulação do filme polimérico formado.

A interação do silano com o substrato metálico depende das condições da superfície do metal. É necessário remover filmes de óxidos formados devido à oxidação espontânea da superfície metálica em contato com a atmosfera ou quando submetida a tratamentos térmicos. Filmes de óxidos são pouco aderentes e impedem a aplicação de revestimentos protetores. A correta preparação da superfície melhora a adesão do sistema ao substrato e prolonga a vida útil da pintura.

O pre tratamento tem como objetivo tornar a superfície do metal o mais estável possível, de modo a tornar uma base para receber pintura e favorecer a ligação do silano com o substrato.

Os óxidos metálicos tem uma alta energia superficial e contem grupos hidroxilas reativos. Resultante disso, os silanos pode ter parte de seus grupos funcionais silanol absorvidos na superfície do metal, e parte exposta para fora da superfície.

O grupo funcional reage com a resina da película de tinta, formando ligações covalentes silano/resina, além das ligações metal/silano. Estas ligações são responsáveis pela excelente qualidade da aderência.

As resinas epóxi são polímeros termorrígidos que contem dentro da sua molécula pelo menos dois grupos terminais do tipo epóxi, e se caracterizam por formar uma rede polimérica tridimensional. O termo epóxi é usado para descrever o anel oxirano, representado por um composto monocíclico com um átomo de oxigênio ligados a outros dois átomos de carbono, formando um anel de três átomos. A capacidade do anel epóxi de formar ligações cruzadas com uma grande variedade de substratos leva à formação de uma rede tridimensional, constituindo um material insolúvel e infusível, denominado de material termorrígido.

3. CONCLUSÃO

Através do estudo realizado conclui-se que a natureza da superfície tem forte influencia sobre o fenômeno de adesão, como efeitos comparativos pode-se afirmar que o substrato aço carbono teve o melhor resultado devido principalmente a seu tratamento de superfície que abre um perfil de rugosidade, aumentando desta forma sua área de contato e consecutivamente aumenta os pontos de reatividade.

O resultado da adição do aditivo promotor de aderência teve oscilações, mas no geral houve um melhora na adesão substrato/tinta, em alguns caso podemos dizer que a força de adesão do revestimento ao substrato foi maior que a força coesiva do próprio revestimento, isso se deve a natureza da falha no teste de tração, muitos apresentaram falha coesiva no revestimento, assim como houve caso onde a falha ocorre de forma adesiva entre a cola e o substrato.

Observou-se também que a concentração de aditivo também pode oscilar dependendo do veículo utilizado na tinta, nem sempre aumentar a concentração do aditivo irá resultar num resultado satisfatório, pode ocorrer uma reação adversa, ou seja, uma diminuição da adesão.

O aditivo silano mostrou-se eficiente em todos os testes realizados, aumentando o poder de adesão das tintas ao substrato em relação às tintas padrões.

4. REFERENCIAS

CALLISTER, W.D. **Materials Science and Engineering An Introduction.** 2. ed. New York,NY, John Wiley & Sons, 1991.

EBNESAJJAD, S. **Adhesives Technology Handbook.** 2. ed. Norwich , N Y, William Andrew Inc, 2008.

FAZENDA, J.M.R. - **Tintas e Vernizes -** Ciência e Tecnologia, Publicação ABRAFATI - Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas – 2.ed. São Paulo, Blucher, 1995

Galembeck, F; Gandur, M.C. **Adesivos**: Cientistas explicam o fenômeno da adesão, Campinas, São Paulo, 2014.

GNECCO, C; MARIANO, R; FERNANDES, F. **Tratamento de superfície e Pintura,** Instituto Brasileiro de Siderurgia, Centro Brasileiro da Construção em Aço, Rio de janeiro, 2003.

JUNIOR, F.P. **Galvanização por imersão a quente** - 1ª parte. Siderurgia Brasil. 35. Ed, 2007.

MacMillan, J.H. **Using Silanes as Adhesion Promoters,** United Chemical Technologies, Inc. Bartram Road, Bristol, 2731, 2014

MATERNE, T; BUYL, F; WITUCKI, G.L. **Organosilane Technology in Coating Applications**: Review and Perspectives, 2012.

NUNES, L.P; LOBO, A.C.O. **Pintura Industrial na Proteção Anticorrosiva**. 3. Ed. Rio de Janeiro: Interciencia, 2007.

ORTELT, M. **Additives for Coatings**. Weinheim, WILEY-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, Seção 4,3, 2000.

PLUEDDEMANN, E.P. **Coatings Technology Handbook.** 2. Ed. New York: Marcel Dekkienrc, pag 563, 2001.

SCHWEITZER, P.A. **Paint and Coatings: Applications and Corrosion Resistance.** Broken Sound Parkway NW, CRC Press, 2006.

SHACKELFORD, J.F. **Introduction to Materials Science for Engineers**, 7° Ed, New Jersey: Pearson Prentice Hall, 878p, 2008.

SHOESMITH, D.W. **Kinetics of Aqueous Corrosion,** *Corrosion: Fundamentals, Testing, and Protection*, Vol 13A*, ASM Handbook* Committee, ASM International, p 42–51, 2003.