

Copyright 2010, ABRACO

Trabalho apresentado durante o INTERCORR 2010, em Fortaleza/CE no mês de maio de 2010.

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

Inovação Tecnológica: Processo de Autodeposição na substituição do E-coat **Kelly Bossardi¹, Pelayo Munhoz Olea²**

Abstract

Diverse systems of surface handling has been utilized with the objective of increasing the resistance to the corrosion and diminishing the complexity of some trials. aiming to achieve sustainable development, new metallic surface treatment processes have been developed in order to replace the eletrocoating, to reduce the environmental impact and to promote the progress the surface treatment processes. The objective of this work is to verify the possibility of replacing the traditional e-coat process, already established, by the innovative treatment of autodeposition. In this work, a comparative qualitative evaluation between the two surface treatment processes, autodeposition and e-coat, was conducted. The environmental impact of each treatment was also considered. The results obtained showed that the autodeposition surface treatment process can replace the traditional e-coat process with environmental profit and reduction of, approximately, seven minutes of the treatment time.

Resumo

Diversos sistemas de tratamento superficial têm sido utilizados com o objetivo de aumentar a resistência à corrosão de materiais metálicos e diminuir a complexidade de alguns processos de tratamento de superfície. Com o intuito de realizar o desenvolvimento sustentável, novos processos de tratamento têm sido desenvolvidos a fim de substituir o processo de pintura por eletrodeposição, reduzir o impacto ambiental e promover o progresso nos tratamentos. O objetivo deste trabalho é verificar a viabilidade de substituição do processo eletrodeposição de revestimentos orgânicos (*e-coat*), já consagrado, pelo processo inovador de autodeposição. Neste trabalho, foi realizada uma avaliação comparativa qualitativa entre dois processos de tratamento superficial para substratos metálicos, de autodeposição e eletrodeposição de revestimento orgânico. Para este estudo, foram comparados as tecnologias de tratamento superficial e o impacto ambiental que cada processo ocasiona. Os resultados obtidos mostraram que o processo de autodeposição pode substituir o de eletrodeposição com ganho ambiental e redução de, aproximadamente, sete minutos no tempo processo.

Palavras-chave: eletrodeposição, autodeposição, revestimento orgânico.

¹ Mestre-Engenheira - Universidade de Caxias do Sul

² PHD-Professor - Universidade de Caxias do Sul

Introdução

A pintura por eletrodeposição catódica trouxe um grande avanço ao desempenho anticorrosivo dos objetos metálicos pintados, além da alta confiabilidade, reprodutividade e estabilidade quando comparado com outros sistemas de pinturas convencionais. Apesar do sucesso com este material, as pesquisas não pararam e novos desenvolvimentos estão surgindo visando atender as diversas solicitações do mercado tais como redução de custo e tempo de processo e de efluentes gerados. O processo de autodeposição, como fornecedora dos recursos necessários para cobrir as exigências atuais do processo de eletrodeposição, aponta como uma tecnologia promissora para o tratamento de superfícies metálicas.

Experimental

Neste trabalho foi realizada uma avaliação comparativa qualitativa entre dois processos de tratamento superficial para substratos metálicos, de autodeposição e eletrodeposição de revestimento orgânico. Para este estudo, foram comparados as tecnologias de tratamento superficial e o impacto ambiental que cada processo ocasiona.

ELETRODEPOSIÇÃO DE REVESTIMENTO ORGÂNICO

A técnica de pintura por eletrodeposição foi desenvolvida como método para atender aos requisitos anticorrosivos exigidos pela indústria automobilística, de autopeças e de eletrodomésticos. O fenômeno da eletrodeposição foi descoberto em 1803. No entanto, foi utilizada pela primeira vez no início dos anos 60, na Ford-USA, para pintar inicialmente rodas e em seguida carros, pelo processo anódico. No início da década de 70, foi desenvolvido o processo catódico, o qual domina o mercado de pintura por eletrodeposição nos dias de hoje. É conhecida por vários nomes, como por exemplo: "elpo", "*e-coat*", "*electrocoating*", "*eletropaint*", "KTL", "pintura por eletroferese", "ETL", etc.³

Pode-se dizer que a pintura por eletrodeposição é similar em seu processo à eletrodeposição metálica. Os dois processos envolvem a passagem de corrente elétrica para que ocorra a deposição de material. A diferença fundamental está no fato de que a eletrodeposição metálica deposita íons metálicos e a pintura por eletrodeposição deposita moléculas orgânicas.⁴

Um banho de eletroforese é constituído basicamente por água desmineralizada, pigmento, resina e um pequeno percentual de solventes coalescentes que garantem uma boa dispersão dos componentes do banho. O processo de eletrodeposição ocorre quando se mergulha um objeto metálico em um banho de tinta diluída em água, através da qual se faz passar uma corrente elétrica contínua, onde a peça a ser pintada é conectada ao pólo positivo sendo o outro pólo o próprio tanque, ou então, os eletrodos colocados em suas paredes laterais. Na **figura 1** é possível observar o mecanismo do processo de eletrodeposição.³

Segue a descrição dos quatro fenômenos que ocorrem durante o processo de pintura:

- **eletrólise:** é o fenômeno da reação de óxidorredução da água com formação de hidrogênio e oxigênio nos eletrodos, em um meio condutivo, sob a influência da aplicação de uma corrente elétrica;
- **eletroforese:** é o fenômeno de migração de partícula de pigmento, envolvida pela respectiva resina e demais componentes da tinta, em direção à peça a ser pintada, quando eletricamente carregada e submetida a uma diferença de potencial;

- **eletrocoagulação (eletrodeposição):** basicamente, o que ocorre neste fenômeno é a aproximação do macro íon para o pólo contrário a sua carga, onde ocorre a neutralização de carga elétrica, provocando a adesão da partícula ao substrato, formando assim um filme de tinta insolúvel em meio aquoso;
- **elektroosmose:** é o fenômeno de eliminação da água contida na tinta depositada, ou seja, o material eletrodepositado perde quase toda a água.

AUTODEPOSIÇÃO DE REVESTIMENTO ORGÂNICO

O revestimento de autodeposição é uma inovação tecnológica industrial que simultaneamente trata e reveste a superfície de um substrato metálico ferroso. O processo de autodeposição de revestimento orgânico está em uso comercial desde 1973 e, desde então, tem estado em contínuo desenvolvimento. Em 1980, novos polímeros de látex permitiram grandes melhorias no aspecto, desempenho e facilidade de uso, o que aumentou muito as aplicações do processo.⁵

A autodeposição é definida como sendo uma deposição controlada, de partículas neutras ou negativas, na peça a ser revestida, por uma reação eletroquímica com íons positivos originários da superfície metálica ferrosa. Esse efeito é chamado autoforese.⁶ O banho de autoforese consiste de uma emulsão de um polímero disperso em água, com um ácido e um agente oxidante. Na **figura 2**, é possível observar o mecanismo do processo de autodeposição.⁶

Resultados e discussões

Foi realizada uma avaliação comparativa qualitativa e de resistência mecânica e química entre os dois processos de tratamento superficial para substratos metálicos, de autodeposição e eletrodeposição. Segue as observações e os dados obtidos durante a avaliação:

1. em ambos os sistemas, a espessura do revestimento é uma função do tempo, sendo a dependência semelhante, conforme mostra a **figura 3**. A espessura dos depósitos gerados é altamente uniforme e o aspecto muito semelhante (**figura 4**). Após a secagem, a película formada é estável com propriedades elevadas de resistência química e mecânica;
2. composição básica:
 - o banho de de eletrodeposição consiste de uma pasta pigmentada junto com a resina diluída. O teor de sólidos varia de 10 % a 20 %.
 - o banho de revestimento autodepositado consiste de uma emulsão de um polímero disperso em água, com um ácido e um agente oxidante. O teor de sólidos varia de 4,5 % a 6,5 %.
3. redução do investimento inicial. Para implantação do processo de autodeposição, geralmente o investimento inicial é 30 % do valor para uma linha de eletrodeposição;
4. o processo de autodeposição elimina limitações de produção para peças de diferentes tamanhos, geometrias e complexidade. Não é necessário limitar a área a ser processada, como é o caso do processo de eletrodeposição – a área deve ser limitada para manter a relação de área anódica/catódica.
5. o processo de autodeposição permite revestimentos de conjuntos e de sistemas montados (Ex: borrachas, plásticos, etc.) sem perda de movimento em articulações e partes móveis.

Devido à ausência de corrente elétrica, os componentes presentes nos sistemas montados não são danificados;

6. o processo de autodeposição requer menor espaço físico, devido à redução do número de etapas. Para o processo de eletrodeposição são necessárias 12 etapas, enquanto para autodeposição, 9 etapas são suficientes. Na **tabela 1** é possível observar as etapas necessárias para ambos os processos. Não são necessárias algumas etapas do pré-tratamento, reduzindo a quantidade e efluentes gerados e o tempo de processo (etapas 4 a 7). O resíduo denominado “borra de fosfato” é gerado por diversos tipos de indústrias cujo processo produtivo apresenta pintura em superfícies metálicas, especificamente na etapa de fosfatização (etapa 7). Esses resíduos, produzidos pelos processos industriais, têm se tornado um dos principais passivos ambientais da sociedade contemporânea. Uma das alternativas de destinação desses resíduos é a sua disposição em aterros industriais, porém essa é uma medida de custo elevado e que não traz garantias totais de segurança ao meio ambiente. Ou ainda são tratados por meio de processos como o de resina de troca iônica, o que gera mais custos para a empresa;⁷ Além disso, as etapas 4, 5 e 6 são descartadas semanalmente, gerando elevado volume de efluentes para tratamento - para uma linha com tanques de 10 m³, são enviados para Estação de Tratamento de Efluentes 30 m³ por semana;
7. com o processo de autodeposição tem-se redução do custo de manutenção e funcionamento. O processo de eletrodeposição exige um equipamento elétrico caro e consumo de energia, já o processo de autodeposição usa exclusivamente a ação eletroquímica para depositar a película protetora. Além do tanque de tinta, a **tabela 2** apresenta o comparativo dos sistemas necessários para o funcionamento de cada processo;
8. o processo de autodeposição também apresenta algumas desvantagens, que dependendo da necessidade podem ser desconsideradas:
 - pode ser aplicado somente sobre substrato metálico ferroso. Já o de eletrodeposição pode ser aplicado em qualquer substrato metálico, ferroso e não-ferroso;
 - a coloração do revestimento orgânico obtido no processo de autodeposição é preta. Ainda não foi desenvolvido produto para obtenção de outra coloração. Já na eletrodeposição pode-se obter revestimento na cor preta ou cinza.
9. os ensaios mecânicos de flexibilidade, impacto e aderência foram realizados com a finalidade de verificar a ancoragem da tinta no substrato. Os resultados obtidos mostraram um excelente desempenho em todos os casos, ou seja, não houve aparecimento de rachaduras ou descolamento do filme de tinta, indicando uma boa ancoragem;
10. o ensaio de resistência à corrosão utilizado foi acelerado em câmara de névoa salina neutra conforme norma ASTM B 117. Os resultados obtidos mostraram comportamento semelhante de resistência à corrosão em ambos os tratamentos. As chapas ficaram expostas à atmosfera salina por 500 horas. É importante ressaltar que não se observou o aparecimento de empolamento da tinta durante todo ensaio, indicando a perfeita ancoragem dos revestimentos estudados. Após o término do ensaio, as chapas foram retiradas da câmara e submetidas ao ensaio de deslocamento. Em nenhuma das amostras houve o deslocamento do revestimento;
11. em ambos os revestimentos, pode ser aplicado *top-coat*, obtendo boa aderência ao revestimento.

Conclusão

A crescente necessidade de produtos que não agridam o meio ambiente, diminuindo a quantidade de efluente gerado, redução no tempo, custo e complexidade de processo faz com que o processo de autodeposição seja muito atrativo, visando substituir o processo de eletrodeposição.

As desvantagens apresentadas do processo de autodeposição podem ser desconsideradas, dependendo das necessidades solicitadas.

Os resultados de resistência mecânica e de exposição à névoa salina apresentados mostraram comportamento semelhante em ambos processos. Convém ressaltar que os resultados de resistência à corrosão obtidos neste trabalho foram com chapas, por isso não devem ser usados como parâmetros para amostras de geometria complexa com soldas e/ou cantos vivos. Os mesmos tratamentos, nas mesmas condições de processo podem apresentar resultados diferentes em função da geometria das peças. Estudos mais aprofundados de resistência à corrosão serão realizados.

O processo de autodeposição torna-se uma ótima oportunidade e alternativa que abrange qualidade, desempenho, reduz tempo de processo, investimento inicial, custo total de produção, impacto ambiental e complexidade de processo. Com a crescente necessidade pela busca de alternativas de processos que reduzam o impacto ambiental e não percam qualidade, esta inovação tecnológica é muito promissora na substituição ao processo de eletrodeposição de revestimentos orgânicos.

Referências bibliográficas

- 1 ARPINT. Informações gerais sobre o sistema de aplicação por eletrodeposição. .Net. Disponível em: < <http://www.arpint.com.br/ktl2.htm>>. Acesso em: 03 out. 2008.
- 2 HONORATO, Igor. Processo de revestimento químico-autoforético: descrição do processo de autodeposição. *Tratamento de Superfície*. n. 141, p. 38-44, 2007.
- 3 MONTAGNOLI, Valdir. Filtração em linhas de pintura por eletrodeposição. **Tratamento de Superfície**. n. 137, p. 46-60, 2006.
- 4 NETO, Nilo M. Recapitulando conceitos sobre eletroforese. **Tratamento de Superfície**. n. 134, p. 6-8, 2005.
- 5 PFEFFER, B.; SCHULTZE, J. W. Electrochemical investigations of the autophoretic coatings process. **Journal of Applied Electrochemistry**. n. 21, p. 877-884, 1991.
- 6 HONORATO, Igor. Processo de revestimento químico-autoforético: descrição do processo de autodeposição. **Tratamento de Superfície**. n. 141, p. 38-44, 2007.
- 7 ALTAFIN, V. L. et al. Utilização de lodo de fosfatização na produção de mudas de espécies nativas. **Engenharia Ambiental**, Espírito Santo do Pinhal, v.1, n.1, p. 45 - 50, 2004.

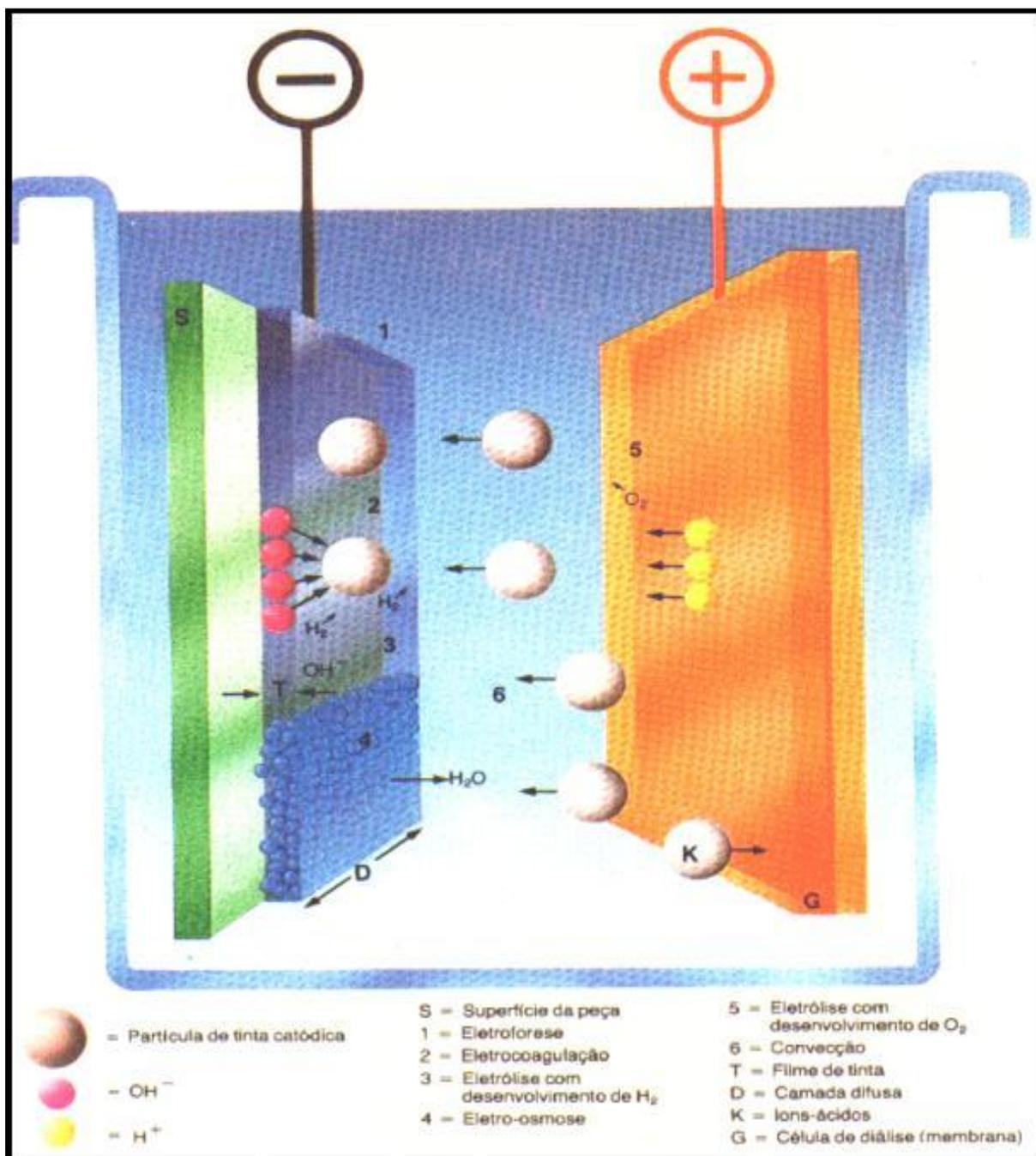


Figura 1. Mecanismo do processo de eletrodeposição de revestimento orgânico.

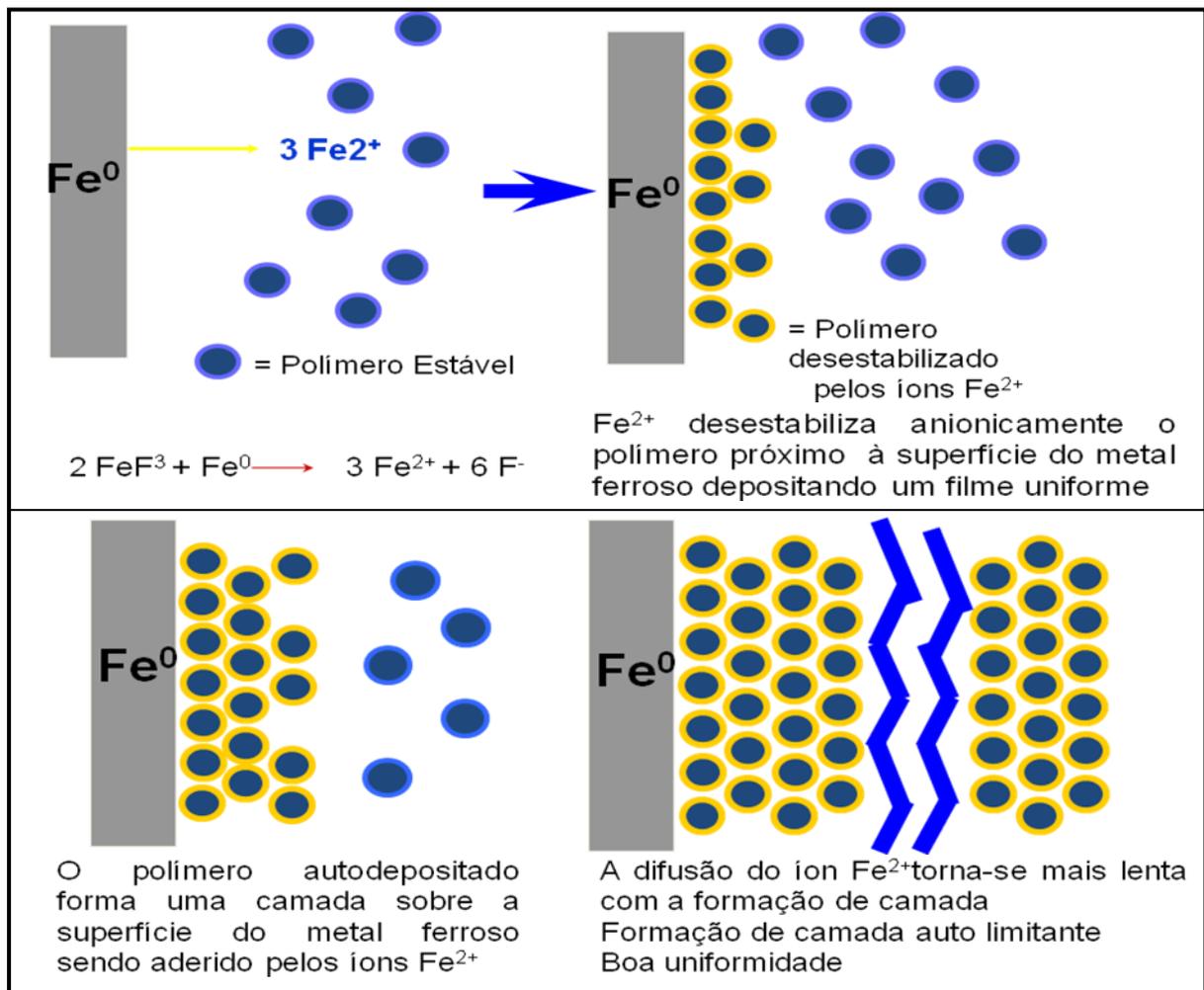


Figura 2. Mecanismo do processo de autodeposição de revestimento orgânico.

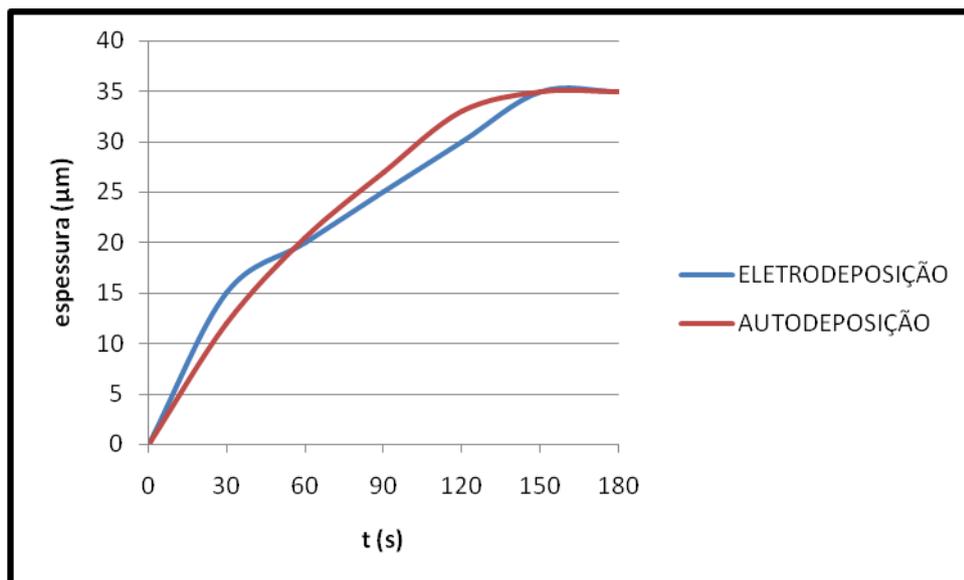


Figura 3. Formação da camada em função do tempo.

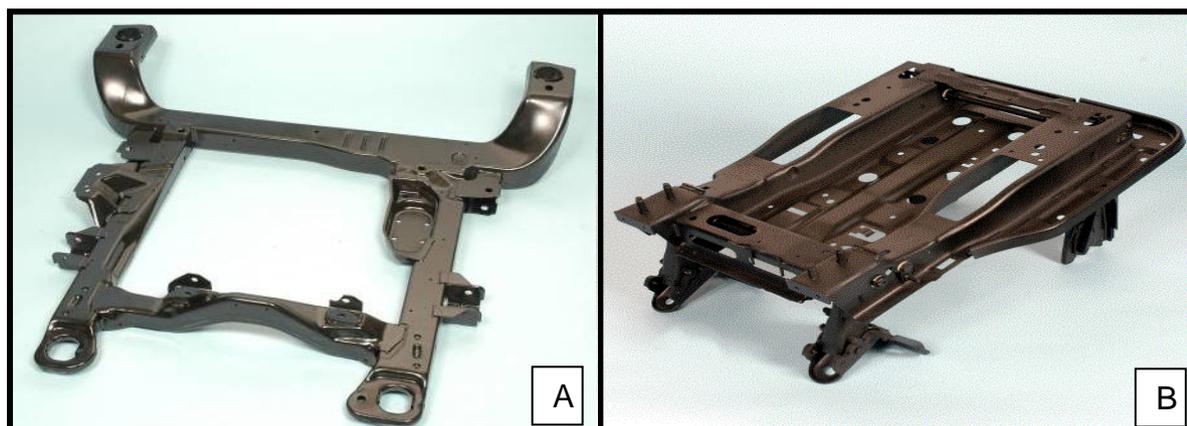


Figura 4. Aspecto visual das camadas (A) eletrodepositadas e (B) autodepositadas.

Tabela 1. Etapas dos processos de eletrodeposição e autodeposição.

| <i>PROCESSO</i> <i>ETAPAS</i> | ELETRODEPOSIÇÃO | AUTODEPOSIÇÃO |
|----------------------------------|------------------------|------------------------|
| 1 ^a | Desengraxe alcalino | Desengraxe alcalino |
| 2 ^a | Enxágüe (água potável) | Enxágüe (água potável) |
| 3 ^a | Decapante ácido | Decapante ácido |
| 4 ^a | Enxágüe (água potável) | ----- |
| 5 ^a | Enxágüe (água potável) | ----- |
| 6 ^a | Refinador | ----- |
| 7 ^a | Fosfatização | ----- |
| 8 ^a | Enxágüe (água potável) | Enxágüe (água potável) |
| 9 ^a | Enxágüe (água DI) | Enxágüe (água DI) |
| 10 ^a | Eletrodeposição | Autodeposição |
| 11 ^a | Enxágüe (água DI) | Enxágüe (água DI) |
| 12 ^a | ----- | Enxágüe Reativo |
| 13 ^a | Secagem | Secagem |
| Tempo Processo | 56 min. | 49 min. |

Tabela 2. Comparativo entre sistemas necessários.

| <i>Processo</i> <i>Sistemas</i> | ELETRODEPOSIÇÃO | AUTODEPOSIÇÃO |
|---------------------------------------|--|---|
| Anolito | Remove, através de eletrodialíse, o excesso de acidez gerada no banho durante a eletrodeposição. | ----- |
| Agitação | Sempre | Somente durante o funcionamento do processo. |
| Ultrafiltração | Produz a solução de “permeato”, que serve para lavar as peças após a aplicação, alimentando os estágios de pós-enxágue. Em circuito fechado, o permeato recupera a tinta não eletrodepositada arrastada pelas peças. | ----- |
| Filtração | Remover as partículas de impurezas contidas no banho. | Remover as partículas de impurezas contidas no banho. |
| Refrigeração / Aquecimento | A temperatura normal de operação deverá estar em torno de 26 °C - 32 °C. | Dependendo da região não é necessário. |
| Retificação | Responsável pela alimentação elétrica do sistema de eletrodeposição, que transforma a corrente alternada em corrente contínua. | ----- |
| Célula de diálise | Manter a relação de área catódica/anódica (peça : ânodo não superior a 4:1). | ----- |