



ESTUDO DA CORROSÃO SOB A INFLUÊNCIA DA TEMPERATURA DE CURA EM UM PROCESSO DE PINTURA KTL NA INDÚSTRIA AUTOMOTIVA

STUDY OF CORROSION UNDER THE INFLUENCE OF CURING TEMPERATURE IN A KTL PAINTING PROCESS IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

ESTUDIO DE LA CORROSIÓN Y LA INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA DE CURADO EN UN PROCESO DE PINTURA KTL EN LA INDUSTRIA

ANTÔNIO CARLOS CRIVELARO JUNIOR | antonio.ccjunior@unitau.br | UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ /SP
IVAIR ALVES DOS SANTOS | ivair.santos@unitau.br | UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ /SP
ROQUE ANTÔNIO DE MOURA | roque.amoura@unitau.br | UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ /SP

RESUMO

A corrosão representa um desafio significativo para a indústria automotiva, impulsionando constantes evoluções tecnológicas nos processos de pintura para combater a deterioração metálica, seja de origem química ou eletroquímica. Diante deste cenário, o presente estudo tem como objetivo identificar as principais dificuldades no atendimento aos rigorosos requisitos de qualidade em um processo de pintura KTL (*Kathodische Tauchlackierung*) ou pintura por cataforese de alta tecnologia, amplamente utilizado no setor automotivo, voltado principalmente para a proteção anticorrosiva das peças metálicas. Para tanto, realizou-se um estudo de caso com abordagem quali-quantitativa. Os resultados demonstraram que a espessura da camada de tinta aplicada e a temperatura de cura exercem influência direta e expressiva na resistência do material à corrosão. Conclui-se que a comprovação do impacto dessas variáveis permitiu a definição de ações mitigatórias eficazes, pautadas no rigoroso controle de processos e na otimização das tecnologias empregadas nas etapas de tratamento superficial e na aplicação eletroquímica do E-coat KTL.

Palavras-chave: Corrosão; Tratamento superficial; Pintura automotiva; E-coat KTL.

ABSTRACT

Corrosion represents a significant challenge for the automotive industry, driving constant technological advancements in painting processes to combat metallic deterioration, whether of chemical or electrochemical origin. In this context, this study aims to identify the main difficulties in meeting the stringent quality requirements of a KTL (*Kathodische Tauchlackierung*) painting process, or high-tech electrophoresis painting, widely used in the automotive sector, primarily for the anti-corrosion protection of metal parts. To this end, a case study with a mixed-methods approach was conducted. The results demonstrated that the thickness of the applied paint layer and the curing temperature exert a direct and significant influence on the material's resistance to corrosion. It is concluded that the verification of the impact of these variables allowed for the definition of effective mitigation actions, based on rigorous process control and the optimization of the technologies employed in the surface treatment stages and the electrochemical application of the KTL E-coat.

Keywords: Corrosion; Surface treatment; Automotive painting; KTL E-coat.

RESUMEN

La corrosión representa un desafío significativo para la industria automotriz, impulsando constantes avances tecnológicos en los procesos de pintura para combatir el deterioro metálico, ya sea de origen químico o electroquímico. En este contexto, este estudio busca identificar las principales dificultades para cumplir con los estrictos requisitos de calidad del proceso de pintura KTL (Kathodische Tauchlackierung), o pintura electroforética de alta tecnología, ampliamente utilizada en el sector automotriz, principalmente para la protección anticorrosión de piezas metálicas. Para ello, se realizó un estudio de caso con un enfoque de métodos mixtos. Los resultados demostraron que el espesor de la capa de pintura aplicada y la temperatura de curado ejercen una influencia directa y significativa en la resistencia del material a la corrosión. Se concluye que la verificación del impacto de estas variables permitió definir acciones de mitigación efectivas, basadas en un control riguroso del proceso y la optimización de las tecnologías empleadas en las etapas de tratamiento superficial y la aplicación electroquímica del recubrimiento KTL E-coat.

Palabras clave: Corrosión; Tratamiento superficial; Pintura automotriz; Recubrimiento KTL E-coat.

1. INTRODUÇÃO

A corrosão de metais é um fenômeno natural e universal que, ao longo da história, tem representado um desafio significativo para a indústria, a engenharia e a ciência dos materiais. Desde as estruturas monumentais da antiguidade até as mais avançadas aplicações tecnológicas da era moderna, a corrosão desempenha um papel central na durabilidade e no desempenho de uma ampla variedade de objetos, equipamentos e infraestruturas (Oliveira Junior *et al.*, 2025; Pinheiro, 2023; Callister; Rethwisch, 2016; Fontana, 1986).

A corrosão química, também conhecida como corrosão seca ou oxidação, envolve o ataque direto de um agente químico ao material, sem transferência de elétrons entre áreas distintas. No caso de um metal, esse processo consiste em uma reação química entre o meio corrosivo e um material metálico, resultando na formação de um produto de corrosão em sua superfície (Merçon *et al.*, 2004).

A corrosão eletroquímica é um processo espontâneo, passível de ocorrer quando o metal está em contato com um eletrólito, onde acontecem, simultaneamente, reações anódicas e catódicas sendo mais frequente na natureza e se caracteriza por realizar-se necessariamente na presença de água, (Mainier; Sandres; Tavares, 2007; Jones, 1996).

O impacto econômico da corrosão é expressivo e afeta diversos setores industriais, como a construção civil, o setor naval, a indústria automotiva (Benevides *et al.*, 2025) e as indústrias químicas. Estimativas indicam que, em países industrializados, as perdas associadas à corrosão variam entre 1,5% e 3,5% do Produto Interno Bruto (PIB), o que demonstra a relevância do estudo e da prevenção desse fenômeno (Gentil, 2011).

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - Processo de pintura KTL (*Kathodische TauchLackierung*)

Segundo Panossian (1993), o termo *Kathodische TauchLackierung* (KTL) é de origem alemã e pode ser traduzido para o português como eletrodeposição catódica ou pintura por imersão catódica. No mercado e na literatura técnica, também é amplamente conhecido pelos termos em inglês *E-coat* (*Electrocoating*) ou *CED* (*Cathodic Electrodeposition*).

Trata-se de um processo de pintura industrial de alta tecnologia, amplamente utilizado no setor automotivo, voltado principalmente para a proteção anticorrosiva das peças metálicas. O processo de pintura KTL (*Kathodische TauchLackierung*) ou pintura por cataforese é uma tecnologia de eletrodeposição catódica amplamente utilizada no setor automotivo para assegurar alta proteção anticorrosiva, durabilidade e cobertura uniforme em carrocerias e autopeças conforme Figura 1 (Streitberger; Dössel, 2008).

Figure 1 | Processo de pintura KTL na indústria automotiva



Fonte: Adaptado de Streitberger; Dössel (2008).

Gentil (2011) ensina que a sequência operacional completa de uma linha de pintura KTL (Eletrodeposição Catódica) automotiva moderna e integrada no contexto de um estudo sobre corrosão, a estação de revestimento e-coat, onde uma carroceria é imersa como cátodo (indicado pelos sinais negativos no chassi e no painel de controle) no tanque de banho, com parâmetros monitorados de voltagem (310V) e temperatura ambiente (32°C) .

A peça metálica, carregada negativamente (cátodo) é imersa em um tanque de tinta à base de água (carga positiva) atraindo as partículas uniformemente, mesmo em áreas de difícil acesso, como cavidades internas. Gentil (2011) e Streitberger e Dössel (2008) detalham o processo KTL.

2.1.1 - O princípio de funcionamento (a eletroquímica)

O processo baseia-se no princípio da eletroforese. A peça metálica a ser pintada é mergulhada em um tanque contendo uma tinta à base de água. A peça (cátodo): A peça metálica é conectada ao polo negativo (cátodo) de um circuito elétrico de corrente contínua. A tinta: As partículas de resina e pigmento da tinta no banho possuem carga elétrica positiva. A deposição: Quando a corrente elétrica é ativada, as partículas positivas da tinta são atraídas para a peça com carga negativa. Elas se depositam na superfície do metal, formando uma película insolúvel em água (Gentil, 2011).

2.1.2 - Etapas básicas do processo

Segundo Streitberger e Dössel (2008) para que o KTL tenha sucesso, ele não ocorre isoladamente, mas como parte de um sistema de tratamento de superfície:

- Pré-tratamento: A peça passa por banhos de desengraxe, lavagens e, fundamentalmente, fosfatização ou nanotecnologia (como o zircônio), que preparam o metal para receber a tinta e aumentam a aderência.
- Banho de KTL: A imersão da peça no tanque eletrificado onde ocorre a deposição da tinta.
- Lavagem (Ultrafiltração): A peça sai do tanque e é lavada para retirar o excesso de tinta que não aderiu eletricamente (arraste), o qual retorna ao banho principal, tornando o processo altamente sustentável e com zero desperdício.
- Cura (Estufa): A peça vai para uma estufa em altas temperaturas. É aqui que ocorre a polimerização (reticulação) da resina.

2.1.3 – Importância da pintura KTL para a indústria automotiva

- Uniformidade e Penetração: Como a deposição é guiada pela corrente elétrica, a tinta alcança cantos, arestas e cavidades internas complexas (onde o spray convencional não chega). Assim que uma área é coberta, a tinta atua como isolante, forçando a corrente a depositar tinta nas áreas ainda não cobertas, garantindo uma espessura de camada perfeitamente uniforme. Altíssima Resistência à Corrosão: A camada depositada, quando curada corretamente, oferece uma barreira química e física extremamente robusta contra oxidação, umidade e névoa salina (Gentil, 2011).
- Sustentabilidade: Sendo um processo à base de água e com recuperação de tinta via ultrafiltração, a emissão de Compostos Orgânicos Voláteis (VOCs) é mínima. É exatamente por essa dinâmica técnica que a espessura da camada de tinta (controlada pela voltagem e tempo de imersão) e a temperatura de cura (que garante o fechamento

da malha polimérica da resina) são as variáveis mais críticas para garantir que a proteção anticorrosiva atenda aos rigorosos requisitos de qualidade automotiva. Se a temperatura da estufa for baixa, a tinta não “cura” e a peça enferruja; se a camada for fina, a proteção é insuficiente (Streitberger; Dössel, 2008).

2.2 – Revestimento E-coat

O E-coat também conhecido como revestimento eletroforético, é um método utilizado na indústria para proteger superfícies metálicas através da aplicação de uma camada de tinta. Durante o processo, a peça a ser revestida é imersa em um tanque contendo uma tinta com partículas eletricamente carregadas (Papandréa, 2023; Lowenheim, 1978).

As formas de combate são a metalização e pintura. O zinco é o metal mais indicado para proteção, e os processos usados são a imersão a quente e galvanização. Ou ainda por eletrodeposição ou zincagem eletrolítica, fazendo um tratamento da superfície do metal (Gnecco, 2023).

Visto a relevância do tema corrosão e seus impactos, foi fundamental a identificação das causas deste fenômeno, e os controles e as inovações tecnológicas em um processo de pintura E-coat KTL. O E-coat também conhecido como revestimento eletroforético, é um método utilizado na indústria para proteger superfícies metálicas através da aplicação de uma camada de tinta. Durante o processo, a peça a ser revestida é imersa em um tanque contendo uma tinta com partículas eletricamente carregadas (Lowenheim, 1978).

Através da aplicação de corrente elétrica no tanque, as partículas de tinta são atraídas para a superfície da peça, aderindo e se depositando uniformemente. Após a aplicação, a peça é removida do tanque e passa por um processo de cura, permitindo que o revestimento seque e se fixe adequadamente. Esse método utilizado proporciona proteção contra corrosão e oferece uma aparência estética atraente para as superfícies metálicas (Rozenfeld, 2013 ; Lowenheim, 1978).

Anterior ao processo de aplicação eletroquímica da tinta, ocorre o importante processo de preparação superficial das peças, onde denomina-se Pré tratamento superficial.

Esse método é realizado segundo os seguintes estágios: Desengraxe alcalino, lavagem, Decapagem ácida, lavagem, Refinador, Fosfatização, lavagem, Passivação lavagem com água deionizada e Secagem (Gnecco, 2023).

As superfícies da estrutura de aço expostas aos meios corrosivos, devem ser pequenas em extensão. As estruturas devem ter o menor número possível de irregularidades (por exemplo: sobreposições, cantos e arestas vivas, bordas). As juntas devem, preferencialmente, ser soldadas ao invés de aparafusadas ou rebitadas, para conseguir superfícies mais lisas e sem saliências em toda a extensão. Soldas descontínuas e pontos de soldas devem ser usados somente onde o risco de corrosão é desprezível (Gnecco, 2023).

2.3 – Simulação da salinidade do mar

Para a simulação da salinidade do mar, o método mais utilizado é o ensaio de Névoa Salina (*Salt Spray*). Materiais expostos em regiões marítimas estão sujeitos ao agravante da névoa proveniente do mar, composta por sais responsáveis por tornar a água um excelente eletrólito. Isso facilita a corrosão das superfícies pois acelera os processos de oxirredução. Para simular em escala laboratorial a suspensão das gotículas existentes em uma atmosfera nebulizada dentro de uma câmara uma solução aquosa de cloreto de sódio, principal sal presente no mar (Maciel, 2021).

Estes ensaios definidos em normas atestam a eficiência dos processos protetivos empregados, e a qualidade assegurada nos diferentes ramos da indústria (De Moura *et al.*, 2025).

Este trabalho objetivou um estudo abordando os conceitos de corrosão, levantando de forma qualitativa e quantitativa variáveis no processo de pintura E-coat KTL que impactam na performance de resistência e atendimento aos requisitos dos clientes (Moura *et al.*, 2024).

A espessura de camada de tinta e a temperatura de cura do forno, com estas comprovações foi possível definir ações mitigatórias, como controles de processos e tecnologias empregadas ao processo de tratamento superficial e na aplicação eletroquímico E-coat KTL (ASTM, 2020; ISO, 2017; ISO, 2018).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Esse trabalho utilizou o método de estudo de caso com abordagem quantitativa e qualitativa. Os estudos de caso podem ser apresentados com combinações de métodos qualitativos e quantitativos, aplicados em diversas situações, na investigação de fenômenos individuais, grupais, organizacionais, políticos e sociais, que permitem aos pesquisadores focarem em um caso sob uma perspectiva holística e num contexto real (Yin, 2018).

Foi realizado uma simulação de performance de teste de resistência a corrosão, com duas ligas metálicas após o processo de pintura KTL: Aço carbono e o aço galvanizado. Foram construídas três tabelas comparativa para cada liga metálica e coletados os valores da camada de tinta de revestimento e a temperatura da cura do forno durante o processamento das amostras, ao final o tempo total de resistência a corrosão após um teste cíclico em uma câmara de salt spray.

O ensaio foi acreditado de acordo com a ISO 17025 com salt spray a 35°C, temperatura ambiente 23°C e umidade 40°C, considerando tempo de 60 ciclos para aço carbono e 30 ciclos para aço galvanizado. Foi definido os mesmos parâmetros de fosfato como acidez livre, total, e teor de zinco e níquel, sempre na nominal conforme especificação.

Os parâmetros da tinta (%) de sólidos e PB foram definidas na máxima da especificação, fator relevante visto a necessidade de um revestimento mais protetivo a intempéries. Outro fator de relevância ao experimento foi a definição ao nível de saturação dos banhos químicos, onde foram realizadas as prévias renovações para obtenção da melhor condição de pH e condutividade evitando possíveis interferências no resultado por contaminações por arraste.

Toda a programação de tempo de processo, como gotejamento das peças e imersão foram atendidas de acordo com carta de controle. Com esta amostragem foi possível definir o melhor parâmetro de processo para atendimento a resistência a corrosão, conforme o requisito de qualidade exigido para cada liga (Wicks *et al.*, 2007).

Foi possível definir que para cada liga metálica a condição de processo, ligas em aço carbono e temperaturas de cura mais elevada, onde espessuras maiores de aplicação de tinta foram consideradas (Callister; Rethwisch, 2016).

As ligas metálicas galvanizadas possuem espessuras de material menores, e se mostram mais sensíveis a altas temperaturas do forno, a melhor condição de processo é considerar temperaturas menores. Com este parâmetro foi possível aplicar menor quantidade de tinta nas peças, gerando economia de insumos e gás (Moura; Moura, 2019; ODS, 2023).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 – Ensaio com Aço Carbono

Os resultados de ensaios de resistência à corrosão em corpos de prova de aço carbono (com 2 mm de espessura) submetidos ao processo de pintura por eletrodeposição catódica (KTL) correlacionando a espessura da camada de revestimento e a temperatura do forno de cura obteve os resultados mostrados no Quadro 1.

Quadro 1 - Requisito específico aço carbono pintura KTL: 60 ciclos sem corrosão (liga 2 mm)

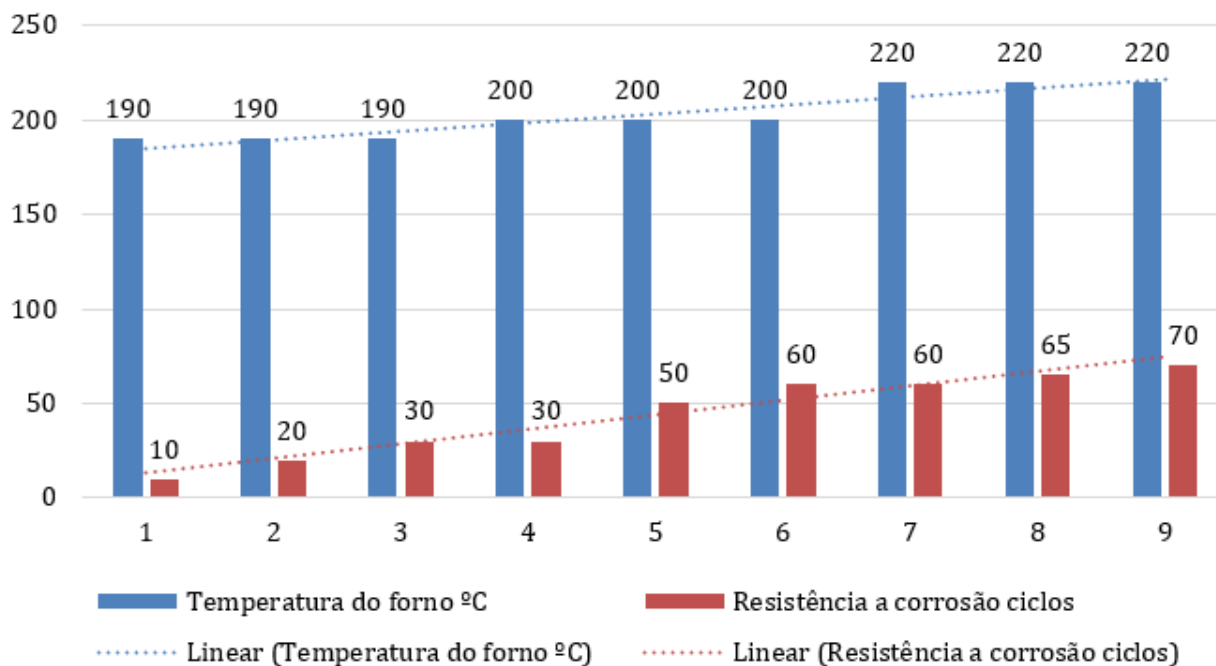
Aço Carbono			
Camada de revestimento de tinta (microns)	Temperatura do forno (°C)	Resistência à corrosão (ciclos)	Resultado
20	190	10	Reprovado
40		20	
60		30	
Aço Carbono			
Camada de revestimento de tinta (microns)	Temperatura do forno (°C)	Resistência à corrosão (ciclos)	Resultado
20	200	30	Reprovado
40		50	
60		60	Aprovado
Aço Carbono			
Camada de revestimento de tinta (microns)	Temperatura do forno (°C)	Resistência à corrosão (ciclos)	Resultado
20	220	60	Aprovado
40		65	
60		70	

Fonte: Elaborado pelos Autores (2026).

Os dados experimentais mostraram uma relação direta, hierárquica e interdependente entre a temperatura de reticulação térmica (cura) e a espessura do filme protetor, sendo que a 190 °C todas as amostras foram reprovadas. A resistência máxima alcançada foi de 30 ciclos utilizando a espessura máxima de 60 microns.

Usando uma temperatura de 220 °C a cura há a completa da matriz polimérica. O requisito de 60 ciclos é plenamente atendido mesmo na menor espessura testada (20 microns). O aumento progressivo da camada para 40 e 60 microns agrega uma margem de segurança operacional (atingindo 65 e 70 ciclos, respectivamente), comprovando a excelência da barreira físico-química gerada pela reticulação ideal.

Figura 2 | Aço carbono: temperatura de cura versus resistência à corrosão



Fonte: Elaborado pelos Autores (2026).

A 200 °C observou-se o início da cura efetiva, onde o desempenho passa a responder de forma linear ao aumento da espessura da camada (30, 50 e 60 ciclos).

Contudo, a aprovação só é obtida no limite superior de espessura testado (60 microns). Trata-se de uma janela de processo de alto risco onde qualquer variação natural do processo resultará em falha e reprovação do lote.

Nesse sentido, a temperatura de 220°C demonstra ser o parâmetro operacional robusto e ideal para garantir a proteção anticorrosiva requerida.

4.2 Ensaio com Aço Galvanizado

Foi analisado os resultados experimentais de resistência à corrosão em corpos de prova de aço galvanizado submetidos a processo de revestimento por pintura, com foco na correlação entre a temperatura do forno de cura, a espessura da camada de tinta e a eficácia da proteção anticorrosiva conforme Quadro 2.

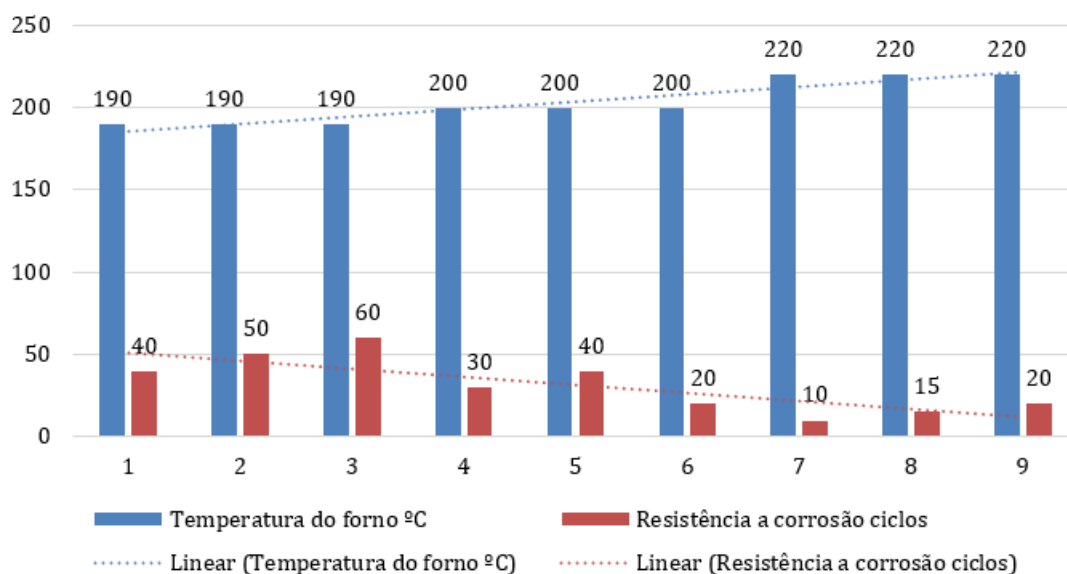
Quadro 2 | Requisito específico aço galvanizado pintura KTL: 30 ciclos sem corrosão (liga 0.5 mm)

Aço Galvanizado			
Camada de revestimento de tinta (microns)	Temperatura do forno (°C)	Resistência à corrosão (ciclos)	Resultado
20	190	30	Aprovado
40		30	
60		40	
Aço Galvanizado			
Camada de revestimento de tinta (microns)	Temperatura do forno (°C)	Resistência à corrosão (ciclos)	Resultado
20	200	30	Aprovado
40		30	
60		30	
Aço Galvanizado			
Camada de revestimento de tinta (microns)	Temperatura do forno (°C)	Resistência à corrosão (ciclos)	Resultado
20	220	10	Reprovado
40		15	
60		20	

Fonte: Elaborado pelos Autores (2026).

Mínimo de 30 ciclos de teste sem falhas com variáveis Independentes de espessura da camada de tinta (20, 40 e 60 microns) e Temperatura do forno de cura conforme Figura 3.

Figura 3 | Aço galvanizado: temperatura de cura versus resistência à corrosão



Fonte: Elaborado pelos Autores (2026).

A janela operacional ideal e segura para este processo encontra-se no patamar de 190 °C a 200 °C. A análise evidenciou um comportamento termodinâmico e físico-químico específico para o substrato galvanizado, revelando que o excesso de energia térmica é prejudicial ao sistema de proteção.

Portanto para o aço galvanizado, a temperatura de cura apresenta um limite superior crítico que não deve ser ultrapassado. Diferentemente de outros substratos metálicos que podem exigir mais calor para reticulação, o aço galvanizado perde drasticamente sua resistência à corrosão a 220 °C.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo cumpriu seu objetivo ao identificar e comprovar, de forma quali-quantitativa, a influência direta que a espessura da camada de tinta e a temperatura do forno de cura exercem sobre a resistência à corrosão em peças automotivas submetidas ao processo de pintura E-coat KTL.

Por meio dos ensaios em câmara de *salt spray*, constatou-se que a definição dos parâmetros ideais de processo é estritamente dependente da natureza do substrato metálico empregado (ISO, 2017).

Para as ligas de aço carbono, os resultados evidenciaram que a temperatura de cura 220 °C é o parâmetro operacional mais robusto e seguro. Esse patamar térmico garante a completa reticulação da matriz polimérica da tinta, possibilitando que o revestimento atenda plenamente ao requisito de 60 ciclos de resistência à corrosão, inclusive nas menores espessuras de camada testadas de 20 microns.

Em contrapartida, a análise das ligas de aço galvanizado revelou um comportamento físico-químico distinto, demonstrando que o excesso de energia térmica prejudica severamente o sistema protetivo. Para o aço galvanizado a janela operacional ideal situa-se entre 190 °C e 200 °C, uma vez que a exposição a 220 °C causa a perda drástica de sua resistência à corrosão.

Conclui-se, portanto, que o controle rigoroso da temperatura reduzida para o aço galvanizado não apenas assegura a qualidade e a aprovação técnica do mínimo de 30 ciclos, mas também possibilita a aplicação de menores espessuras de tinta, resultando em uma significativa economia industrial de gás e de insumos.

6. TRABALHO FUTURO

Para o aprofundamento contínuo das tecnologias de mitigação da corrosão na indústria automotiva, propõe-se para trabalhos futuros investigar os impactos da variação de espessura de camada e temperatura de cura em outros materiais amplamente utilizados nas carrocerias modernas, como as ligas de alumínio e os aços de alta resistência.

REFERÊNCIAS

ASTM. American Society for Testing and Materials. **ASTM B117 – Standard practice for operating salt spray (fog) apparatus**. West Conshohocken, 2020.

BENEVIDES, K. D. G.; RUFINO, L. J. G. C.; DOS SANTOS, D. F. A.; BENEVIDES, M. P.; PIMENTA, C. D.; DE OLIVEIRA, M. R.; DE MOURA, R. A. (2025). **Inteligência Artificial na educação de indivíduos adultos com 50 anos de idade ou mais: abordagem assistiva**. ARACÊ, [S. l.], v7, n8, p. e7160. DOI: [10.56238/arev7n8-085](https://doi.org/10.56238/arev7n8-085). <https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/7160>.

DE MOURA, R. A.; BENEVIDES, M. P.; et al.; (2025). Neuroergonomia no controle ... fly-by-wire e artificial feel e melhor feedback háptico. **ARACÊ**, [S. l.], v7, n9, pe8071. DOI: [10.56238/arev7n9-139](https://doi.org/10.56238/arev7n9-139). Disponível em: <https://periodicos.newsciencepubl.com/arace/article/view/8071>. Acesso 13set2025.

CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 9. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2016.

FONTANA, M. G. **Corrosion engineering**. 3. ed. New York: McGraw-Hill, 1986.

GENTIL, V. **Corrosão**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

GNECCO, C. **Tratamento de superfícies metálicas e processos industriais**. 2023.

ISO 9227. (2017). **Corrosion tests in artificial atmospheres — Salt spray tests**. Geneva: ISO, 2017.

ISO 12944. (2018). **Paints and varnishes — Corrosion protection of steel structures by protective paint systems**. Geneva: ISO, 2018.

JONES, D. A. **Principles and prevention of corrosion**. 2. ed. Upper Saddle River: Prentice Hall, 1996.

LOWENHEIM, F. A. **Modern electroplating**. 3. ed. New York: Wiley, 1978.

MACIEL, C. **Ensaio de névoa salina (Salt Spray) aplicado à avaliação de corrosão**. Portal TS, 2021.

MAINIER, F. B.; SANDRES, A. P.; TAVARES, S. S. **Corrosão: fundamentos, monitoramento e controle**. Rio de Janeiro: LTC, 2007.

MERÇON, F. B. et al. **Corrosão: um exemplo usual de fenômeno químico**. Química Nova na Escola, São Paulo, 2004.

MOURA, R. A.; MOURA, M. L. S. 2019. **Aplicação da engenharia estrutural segura na montagem do veículo “baja” para aprendizado acadêmico e aprimoramento profissional dos discentes**. Revista Sodebras [on line]. vol. 14. n° 12, pp 31-36. ISSN 1809-3957. DOI: [10.29367/issn.1809-3957.14.2019.162.31](https://doi.org/10.29367/issn.1809-3957.14.2019.162.31)

MOURA, R. A.; VILLARTA, C. J. B.; BENEVIDES, M. P.; RICETTO, M. R.; ROSA JUNIOR, O. S.; SANTOS, D. F. A. (2024). **Anthropometry, neuroergonomics and immersive technologies for the workplace's future: safer, self-sustainable and digital**. RGSA, 18(12), e09859. <https://doi.org/10.24857/rgsa.v18n12-032>

ODS. (2023). **Objetivos de Desenvolvimento Sustentável**. Nações Unidas Brasil. Objetivo 9: Indústria, Inovação e Infraestrutura. Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs/9>. Acesso em: 01maio2026.

OLIVEIRA JUNIOR, H. S.; VIAGI, A. F.; MOURA, R. A. (2025). **Aplicações dos conceitos da neuroengenharia ... manutenção e autossustentabilidade**. Revista Exatas, [S. l.], v. 31, n. 2, 2025. DOI: 10.69609/1516-2893.2025.v31.n2.a4033. Disponível em: <https://periodicos.unitau.br/exatas/article/view/4033>

PANOSSIAN, Z. **Corrosão e proteção contra corrosão em equipamentos e estruturas metálicas**. 2. ed. São Paulo: IPT, 1993.

PINHEIRO, K. **Estudo de caso a respeito da corrosão encontrada em veículos automotores**. Universidade Federal do Ceará, Russas, 2023.

ROZENFELD, H. **Gestão de desenvolvimento de Produtos**. Uma referência para a melhoria do processo. São Paulo. Editora Saraiva. Reimpr. 2013.

STREITBERGER, A.; DÖSSEL, K-F. **Automotive paints and coatings**. 2. ed. Weinheim: Wiley-VCH, 2008.

WICKS, Z. W. et al. **Organic coatings: science and technology**. 3. ed. Hoboken: Wiley, 2007.

YIN, R. K. **Estudo de caso: planejamento e métodos**. 5. ed. Porto Alegre: Bookman, 2018.



FUNDAÇÃO DE APOIO À PESQUISA,
TECNOLOGIA E INOVAÇÃO



UNITAU
Universidade de Taubaté