

## ANÁLISE AMBIENTAL PARA SUBSTITUIÇÃO DE TRATAMENTO SUPERFICIAL PEÇAS METÁLICAS

GOMES, Francine Centenaro<sup>1\*</sup>

<sup>1</sup> FAHOR, Curso de Engenharia Mecânica, Campus Arnoldo Schneider, Avenida dos Ipês, 565, Horizontina, RS, Brasil.

\*Autor Correspondente: [gomesfrancinec@fahor.com.br](mailto:gomesfrancinec@fahor.com.br)

### RESUMO

Realizou-se um levantamento bibliográfico para identificar as vantagens e desvantagens quanto às questões ambientais do processo de pré-tratamento por banho de fosfato de zinco, e banho nanocerâmico, bem como realização de teste de aderência de tinta em superfície tratada com ambos os processos. O objetivo do estudo é de verificar as características de cada um dos processos no que tange aos aspectos ambientais e possibilidade de alteração de processo de pré-tratamento de peças metálicas a serem pintadas que utiliza fosfato de zinco por um que utiliza nanocerâmico, com o intuito de minimizar os aspectos ambientais na forma de efluentes, sem interferir na qualidade das peças. Os resultados obtidos foram satisfatórios, pois pelo teste de aderência pode-se constatar que a alteração do processo não afetará a qualidade dos itens. Pode-se apresentar as vantagens e desvantagens de ambos os processos de tratamento, com relação a diversos aspectos no caso de implementação em indústria metalomecânica de médio porte. Mesmo apresentando um custo inicial mais elevado, a alteração do processo de banho fosfato pelo nanocerâmico, torna-se vantajosa, pois reduz o volume e facilita o tratamento do efluente gerado, reduzindo a presença de metais tóxicos, adotando assim uma conduta ambientalmente menos invasiva.

**Palavras chave:** Tratamento de superfície; Nanotecnologia, Impactos ambientais.

## ENVIRONMENTAL ANALYSIS FOR SUBSTITUTION OF SURFACE TREATMENT METAL PARTS

### ABSTRACT

A literature review was conducted to identify the advantages and disadvantages regarding the environmental issues of the pre-treatment by zinc phosphate bath, and nanoceramic bath, as well as carrying out ink adhesion tests on treated surfaces with both processes. The objective of the study is to verify the characteristics of each process regarding environmental aspects and the possibility of amending the pre-treatment process of metallic parts to be painted using zinc phosphate by one that uses nanoceramic, in order to minimize environmental aspects in the form of effluents, without interfering with the quality of the parts. The results obtained were satisfactory, since the adhesion test shows that the change in the process will not affect the quality of the items. The advantages and disadvantages of both treatment processes can be presented, in relation to several aspects in the case of implementation in the medium size metalworking industry. Even presenting a higher initial cost, the change of the phosphate bath process by nanoceramic becomes advantageous, because it reduces bulk and facilitates the treatment of the generated effluent reducing the presence of toxic metals, thus adopting a less invasive environmental conduct.

**Keywords:** Surface treatment, Nanotechnology, Environmental impacts.

### 1 INTRODUÇÃO

Observa-se um crescente apelo, oriundo principalmente de empresas de grande porte ou multinacionais, para que assim como elas, também seus fornecedores adotem políticas ambientalmente corretas.

O que se percebe, é que o cliente está cada vez mais exigente, e o preço e a marca vêm deixando de serem os únicos critérios de compra. O consumidor contemporâneo busca saber mais sobre o fabricante, como por exemplo, se ele adota práticas de reciclagem e medidas para redução de impactos ambientais em seus processos.

Uma das formas de identificar a posição das empresas em relação a estes aspectos

dá-se pela verificação da maneira como são tratadas as matérias primas e resíduos dos processos produtivos.

A matéria prima processada para produção dos itens na indústria metalomecânica é em sua maioria o aço carbono, material este que facilmente se degrada por oxidação, o que torna necessária a aplicação de protetores superficiais. Uma das formas mais utilizadas é a aplicação de tintas líquidas ou a pó, no entanto, o processo de pintura exige preparação superficial das peças para que sejam removidas as sujidades oriundas de processos anteriores e possibilite a aderência da tinta.

A remoção destas impurezas é primordial para garantir a qualidade da superfície a ser pintada após os tratamentos de preparação de superfície. Estima-se que cerca de 85% das falhas em revestimentos de superfícies sejam decorrentes de problemas no pré-tratamento (BEM, 2008).

O desenvolvimento deste estudo teve origem, quando da necessidade de adequar o processo de tratamento superficial de peças metálicas que recebem acabamento em pintura com normas de acabamento superficial de clientes que exigem que não sejam utilizados metais tóxicos no processo, com intuito de minimizar os aspectos ambientais, sem interferir na qualidade das peças, além de identificar os aspectos ambientais, e propor a alteração do processo de pré-tratamento, sem interferir na qualidade das mesmas.

## **2 DESENVOLVIMENTO E DEMONSTRAÇÃO DOS RESULTADOS**

### **2.1 REFERENCIAL TEÓRICO**

#### **2.1 Aspectos ambientais dos processos produtivos**

Segundo Mota (2003), a natureza tem uma grande capacidade de recuperação e os seus recursos existem para proporcionar ao homem uma satisfatória qualidade de vida. No entanto, essa capacidade não é ilimitada e muitas vezes, um recurso natural degradado não tem condições de voltar às suas características originais, causando a destruição de seus componentes e sérios danos ao ser humano.

Os aspectos ambientais de processos industriais resultam de subprodutos gerados e não comercializados, sendo descartados ao menor custo possível, como acontece, por exemplo, com os metais tóxicos. A expressão “metal tóxico” é comumente utilizada para designar

metais classificados como poluentes, e nesta lista estão com maior frequência elementos como alumínio, cádmio, chumbo, cobalto, cobre, cromo, ferro, manganês, mercúrio, molibdênio, níquel, prata, zinco e vanádio (EYER, 1995; COELHO, 1996; CETESB, 2001).

A presença de níquel na fosfatização por sua vez, é a maior preocupação. A existência de textos regulamentares nacional e internacionalmente demanda cuidado na utilização deste composto químico. Algumas alternativas envolvem a substituição do níquel por cobre ou cobalto, e a utilização de manganês para modificar o cristal de fosfato de zinco (PETSCHER, 1996).

A formação de lodo é uma parte essencial nas reações de formação da camada de proteção na fosfatização, e pode ser reduzida através do ajuste de alguns parâmetros dos banhos. Estudos sugeriram que a redução pode alcançar de 15 a 25%. Como este nível de redução pode não ser suficiente no futuro, algumas medidas para utilização deste subproduto estão sendo identificadas (PETSCHER, 1996).

## **2.2 Tratamento superficial com banho a base de fosfato de zinco**

O banho de fosfatização nada mais é que um processo químico, contendo elementos anódicos e catódicos, capazes de reagir com a superfície metálica, promovendo a cristalização de uma camada de fosfato de zinco de pequena espessura, aumentando a ancoragem da tinta ao substrato. Outros componentes dos banhos de fosfatização, conhecidos como “aceleradores”, atuam sobre a cinética da reação e permitem controlar as reações de redução e oxidação (redox) na interface (ALMEIDA, 2000; WEG, 2005).

Estas reações podem ser aceleradas e melhoradas através de ações mecânicas e eletrolíticas, que podem ocasionar também uma superfície ativa propícia à formação de óxidos. Para limitar este efeito a combinação de desoxidação e passivação são desejadas. Devido a estas propriedades de formação de filmes, os ácidos fosfóricos são os agentes antioxidantes mais indicados (EROL; THOMING, 2005).

Apesar da eficácia deste tratamento de superfície, a fosfatização apresenta desvantagens ambientais, pois utiliza níquel e cobre como catalisadores, e estes elementos são classificados como metais tóxicos. Em substituição ao níquel, estudos demonstraram que o nióbio e o benzotriazol são alternativos para o processo de fosfatização de maneira menos agressiva ao meio ambiente (MAINIER, 2004).

Em função da área superficial e da quantidade de peças a serem tratadas, o processo de

banho por fosfato de zinco emprega volumes elevados de água e gera, por consequência, quantidades expressivas de resíduos sólidos e efluentes líquidos. A captação, tratamento e a utilização de grandes volumes no processo industrial resultam em um consumo maior de produtos químicos com a geração de uma quantidade maior de resíduos sólidos e efluentes líquidos nas estações de tratamento (ALMEIDA, 2000).

Estes resíduos devem passar por complexos processos de tratamento antes de sua disposição final, e sua disposição deve acontecer em aterros de resíduos químicos, destinados para esse fim. Sendo assim, a coleta e destinação final de resíduos perigosos gerados de modo particular, não é de responsabilidade do município, ficando a cargo de cada gerador a destinação final ambientalmente adequada dos mesmos (BOSSARDI, 2007).

### **2.3 Tratamento superficial com banho a base de nanocerâmicos**

Segundo Martins (2008), a nanotecnologia pode ser apresentada em duas formas. Na primeira, ela se caracteriza através de dois aspectos: a nanotecnologia se refere a um indicador de medida; e, a nanociência se refere a um conjunto de técnicas utilizadas para manipular a matéria na escala dos átomos e moléculas. A primeira estuda os princípios fundamentais de moléculas e estruturas, e a segunda a aplicação destas moléculas e nanoestruturas em dispositivos nanométricos.

O tratamento superficial a base de nanocerâmicos vêm ganhando destaque como possível substituto para o processo de fosfatização, devido a características como: curto espaço de tempo para a obtenção do filme, camada de óxido aderente e uniforme favorecendo a aplicação de camadas de tinta, camada nanométrica formada sobre a superfície, resistência elevada à corrosão, além de não conter metais tóxicos em sua composição. Obviamente, como o processo anterior, também apresenta desvantagens, tais como: necessita de um maior controle operacional do banho e pode ocorrer a formação de camadas com defeitos devido a sua alta porosidade (BOSSARDI, 2007).

No processo nanocerâmico, o banho não precisa ser descartado, somente são adicionados reforços, é isento de DQO/DBO (Demanda Química de Oxigênio / Demanda Bioquímica de Oxigênio), reduzindo assim a complexidade do processo, não gerando efluentes tóxicos, nem o desperdício de água (ZAPAROLLI, 2005; TESTA, 2005).

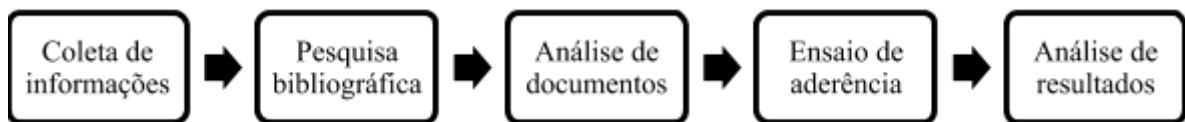
Outra vantagem que o processo nanocerâmico oferece, além de ser realizado a frio, é a de permitir a substituição dos fosfatos de ferro e zinco que vem sendo utilizados há mais de

150 anos em processos de pré-tratamento de metais exigindo elevados gastos em tratamento dos efluentes resultantes do processo (ZAPAROLLI, 2005; TESTA, 2005).

## 2.2 MATERIAL E MÉTODOS

Para o desenvolvimento deste estudo, definiram-se etapas conforme Figura 1:

Figura 1 – Etapas da pesquisa.



Fonte: O autor, 2020.

Foram produzidas amostras de material com tratamento nanocerâmico e produzidas amostras com tratamento de fosfato de zinco. Nestas amostras, foi aplicada tinta líquida e em seguida foram levadas à estufa para cura, nas mesmas condições para ambas. Após curadas, foram realizados ensaios de aderência da tinta na superfície. As amostras serão produzidas em aço SAE1020 com espessura de 1,9mm.

O teste de aderência da tinta na superfície para validar a qualidade do processo foi realizado seguindo a norma NBR 11003 (ABNT, 2009). - Aderência corte em grade. O teste foi realizado no laboratório da empresa, após 72 horas da aplicação de tinta por eletrodeposição. Para realizar o teste utilizou-se um estilete para cortar o filme, realizando cortes cruzando os primeiros em um ângulo de 90°, formando uma grade de 25 quadrados. Uma fita filamentosa foi pressionada sobre a área quadriculada contra o substrato e após umas das extremidades da fita foi puxada rapidamente. A área ensaiada foi avaliada segundo a norma NBR 11003.

## 2.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em conjunto, os produtos utilizados e as reações geradas no processo de pré-tratamento por fosfato de zinco, podem provocar impactos ambientais conforme descrito a seguir:

O consumo elevado de água, causado pela substituição do banho e reposição por evaporação. O descarte de água devido a mudança do banho com efluentes carregados com

demanda química de oxigênio. A poluição do ar devido à evaporação. A contaminação do solo que pode ser causada por acidentes ou rupturas na canalização. A geração de resíduos sólidos, o lodo, com resíduos de Fe e Zn depositados nos tanques.

Com a alteração do processo de pré-tratamento, de fosfato de zinco para nanocerâmico, reduz-se significativamente o consumo e descarte de água, pois, sendo que o processo nanocerâmico não utiliza metais tóxicos e não necessita troca da água do banho como o atual, apenas reposição, o volume demandado é menor. E por consequência, o risco de contaminação do solo, ar, ou volume de rejeitos também diminui.

Os aspectos ambientais existentes nos processos produtivos foram distribuídos em 3 subgrupos, de acordo com o local onde a ação se desenvolve: Meio Antrópico, Meio Biótico e Meio Físico. Para o meio Antrópico, foram elencados: Saúde, Qualidade de Vida, Infraestrutura, Reciclagem e Características do Produto pronto. No Meio Biótico, considerou-se a Fauna e Flora e para o Meio Físico considerou-se a contaminação do Ar, Água e Solo.

O Quadro 1 apresenta uma adaptação da Matriz de Leopold, onde são apresentadas as atividades da indústria, os resíduos resultantes de cada uma, e os aspectos ambientais relacionados.

Quadro 1 - Adaptação da Matriz de Leopold para identificação dos aspectos positivos e negativos nos processos produtivos.

MATRIZ DE LEOPOLD ADAPTADA											
Atividades	Resíduo resultante	Impactos ambientais									Somatório
		Antrópico					Biótico	Físico			
		Saúde	Qualidade de vida	Infraestrutura	Reciclagem	Características do produto final	Fauna / Flora	Ar	Água	Solo	
					Redução da diversidade	Contaminação	Contaminação	Contaminação			
Recebimento	Resíduos de plástico e papelão	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4
Corte laser	Sucata de aço	0	0	-2	4	0	0	0	0	0	2
	Fluido de corte	-4	-4	0	0	3	0	0	-4	-4	-13
Usinagem	Fluido de corte	-4	-4	0	0	3	0	0	-4	-4	-13
	Sucata de aço	0	0	-2	4	0	0	0	0	0	2
Lixamento	Poeira	-4	-2	0	0	0	0	0	-4	0	-10
Dobra/ Estamparia	Fluido lubrificante	-4	-4	0	0	3	0	0	-4	-4	-13
Solda	Fumos de solda	-5	-4	0	0	0	0	-4	0	0	-13
Montagem	Resíduos de plástico e papelão	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4
Tratamento de superfície	Produtos químicos do banho	-5	-5	0	0	-4	0	0	-4	-4	-22
	Efluente contaminado	-5	-4	0	-3	0	-4	0	-5	-5	-26
Fosfatização	Efluente contaminado	-5	-4	0	-3	0	-4	0	-5	-5	-26
Pintura	Bora de tinta	-4	-3	0	0	0	0	0	-4	-4	-15
	Partículas voláteis	-4	-2	0	0	0	0	0	-4	-2	-12
Expedição	Resíduos de plástico e papelão	0	0	0	4	0	0	0	0	0	4

Fonte: O autor, 2020.

A partir do mapeamento dos processos produtivos da empresa, foram listadas na horizontal 15 resíduos resultantes de atividades potencialmente impactantes ao meio ambiente e na vertical 9 aspectos ambientais existentes que podem ser afetados por estes resíduos, totalizando 135 células de interações.

Após a análise do resultado do cruzamento dos dados da matriz, pode-se ranquear as atividades de acordo com o nível de impacto que cada uma apresenta, da mais impactante para a menos impactante. O resultado desta avaliação pode ser observado no Quadro 2.

Quadro 2: Classificação do nível de impacto por atividade.



Atividade	Resíduo resultante	Impacto positivo	Classificação quanto ao nível de impacto ambiental
Tratamento de superfície	Efluente contaminado	-26	1°
Fosfatização	Efluente contaminado	-26	2°
Tratamento de superfície	Produtos químicos do banho	-22	3°
Pintura	Bora de tinta	-15	4°
Corte laser	Fluido de corte	-13	5°
Usinagem	Fluido de corte	-13	6°
Dobra/ Estamparia	Fluido lubrificante	-13	7°
Solda	Fumos de solda	-13	8°
Pintura	Partículas voláteis	-12	9°
Lixamento	Poeira	-10	10°
Corte laser	Sucata de aço	2	11°
Usinagem	Sucata de aço	2	12°
Montagem	Resíduos de plástico e papelão	4	13°
Expedição	Resíduos de plástico e papelão	4	14°
Recebimento	Resíduos de plástico e papelão	4	15°

Fonte: O autor, 2020

Os processos de tratamento de superfície, fosfatização e pintura, são os que apresentam o maior nível de impacto ambiental, sendo dentre estes, o tratamento de superfície e fosfatização, os mais impactantes.

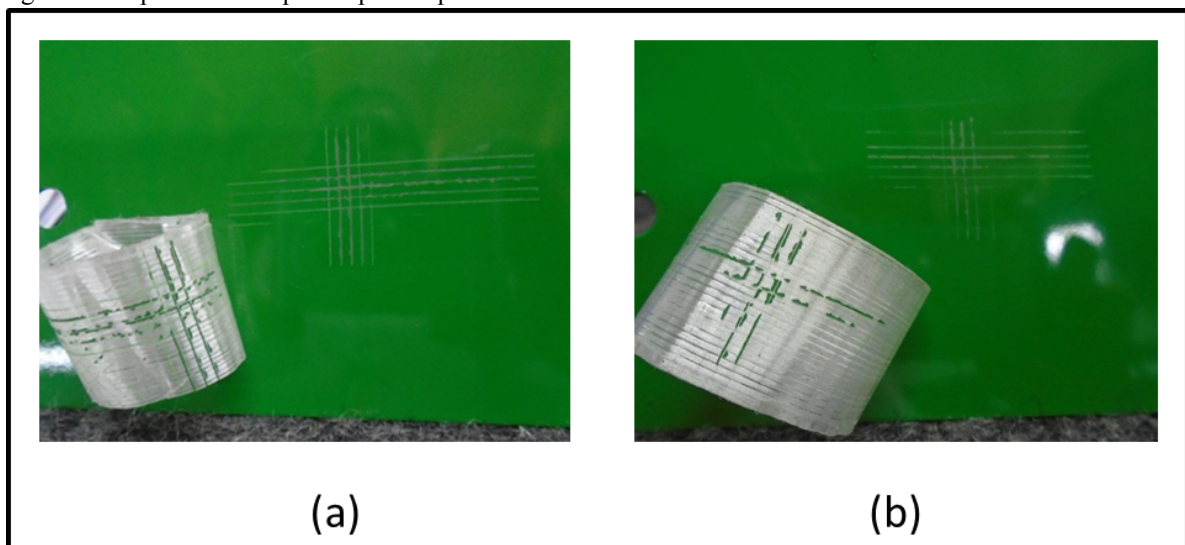
#### 4.2 Teste de Aderência da Tinta na Superfície Tratada com Ambos os Pré Tratamentos

Para os autores BOSSARDI,2007; DRONIOU, 2005; MARTINS, 2008; SOARES 2011, quando utilizado o processo à base de nanocerâmico, é possível obter melhor aderência da tinta na superfície, no entanto, o ensaio realizado apresentou resultado semelhante para ambas as amostras.

Os corpos de prova com ambos os tratamentos superficiais apresentaram grau 2 de acordo com a NBR 11003, o que demonstra que, a qualidade das peças no que tange a aderência da tinta no metal, não será afetada.

Por meio do teste de aderência conforme se apresenta na Figura 2, pode-se constatar que uma possível alteração de processo não afetará a qualidade dos itens. Para ambos os processos, a aderência da tinta na superfície é classificada em Grau 2 de acordo com a NBR 11003, atendendo os requisitos de cliente e para peças agrícolas.

Figura 2 - Aspecto dos corpos de prova após o teste de aderência.



Fonte: O autor, 2020.

A Figura 2 (a) apresenta o aspecto do corpo de prova tratado com fosfato de zinco e com pintura líquida, após o teste de aderência. Enquanto que a Figura 2 (b) apresenta o aspecto do corpo de prova tratado com nanocerâmico e com pintura líquida, após o teste de aderência.

Além do teste de aderência, pode-se apresentar também, as vantagens e desvantagens de ambos os processos de tratamento, com relação ao volume de água empregado no processo, a presença de tóxicos, o número de estágios do processo, a necessidade de controle operacional, e os custos de implementação e manutenção, conforme pode-se visualizar no Quadro 3.

Quadro 3 - Comparação dos processos de pré-tratamento para a indústria analisada.

Tópico analisado	Processo de pré tratamento	
	Fosfato de zinco	Nanocerâmico
Volume de água empregado no processo	Maior	Menor
Aderência da tinta na superfície	Equivalente	
Presença de tóxicos	Maior	Menor
Número de estágios do processo	Menor	Maior
Necessidade de controle operacional	Menor	Maior
Custo de produtos para implementação do processo	Menor	Maior
Custo de produtos para manutenção do processo	Maior	Menor

Fonte: O autor, 2020.

Para finalizar esta análise, pode-se fazer algumas considerações:

- O volume de água empregado no processo de fosfato de zinco é maior, pois periodicamente devem ser realizadas trocas completas do banho e limpeza dos tanques, enquanto que no processo que utiliza nanocerâmico, a frequência deste procedimento reduz drasticamente, pois os banhos vão sendo apenas alimentados com os produtos químicos, e repõem-se a água que evapora dos tanques.
- A aderência da tinta na superfície é equivalente em ambos os processos, atendendo assim a necessidade da empresa.
- Os aspectos ambientais do processo que utiliza nanocerâmico são mais amenos que os do processo que utiliza fosfato de zinco, devido à ausência de metais tóxicos.
- O número de estágios do processo nanocerâmico é maior, pois se inclui a etapa de remoção de óxido de corte conforme exigência dos clientes.
- Por ser um processo em que não se realiza a troca total da água e produtos utilizados, o processo nanocerâmico exige maior controle operacional.

Por meio desta comparação, seria possível, justificar uma substituição do banho de fosfato de zinco por banho nanocerâmico no que tange às questões ambientais, mesmo este, apresentando um custo mais elevado.

## CONCLUSÃO

O volume de água utilizado, bem como a frequência de troca de produtos é menor no processo nanocerâmico além de este atender ao objetivo principal do estudo, que é a redução dos aspectos e impactos ambientais no processo atendendo normas de clientes.

De maneira a contribuir com a redução dos impactos ambientais gerados em indústrias metalomecânica, além da substituição do banho de fosfato de zinco para pré tratamento de peças por banho nanocerâmico, pode-se ainda sugerir:

- Fazer melhor aproveitamento das chapas de aço no processo de corte, para reduzir sucata;
- Substituir o processo de pintura líquida por pintura a pó, para redução do volume de resíduos sólidos e dos efluentes;
- Correta separação e destino de resíduos sólidos e materiais recicláveis;
- Criar indicadores ambientais que permitam avaliar as perdas com relação à geração de efluentes líquidos e resíduos sólidos, permitindo o planejamento de ações com foco nos pontos que apresentam maior variação. Os indicadores podem ser entre outros os de: Consumo de água, reciclagem de resíduos e, consumo de matéria prima por retrabalho de peças.

O Quadro 4 que faz uma comparação entre os processos de tratamento à base de fosfato de zinco, e a base de nanocerâmicos, considerando o volume de água empregado em cada processo, o volume de resíduos gerados, a aderência da tinta na superfície tratada, a presença de metais tóxicos, número de estágios do processo, tempo para obtenção do filme de proteção, resistência à corrosão, necessidade de controle operacional, porosidade superficial, e custo para implementação e manutenção do processo.

Quadro 4 - Comparação dos processos de pré tratamento.

	FOSFATO DE ZINCO	NANOCERÂMICO
Volume de água empregado no processo	↑	↓
Volume de resíduos gerados	↑	↓
Aderência da tinta na peça	↓	↑
Presença de metais tóxicos	↑	↓
Número de estágios do processo	↑	↓
Tempo para obtenção do filme de proteção	↑	↓
Resistência à corrosão	↓	↑
Necessidade de maior controle operacional	↓	↑
Porosidade	↓	↑
Custo de Implantação do processo	↓	↑
Custo de manutenção do processo	↑	↓

Fonte: Adaptado de BOSSARDI,2007; DRONIOU, 2005; MARTINS, 2008; SOARES 2011.

As setas vermelhas indicam condição insatisfatória, enquanto as setas verdes apresentam situação positiva em relação ao tópico analisado.

Por fim, conclui-se que o objetivo foi atingido o estudo pode ser realizado e os resultados auxiliam na tomada de decisão entre um dos dois processos de tratamento de superfície, quando da análise ambiental.

### REFERÊNCIAS

- ABNT. **NBR 11003:2009 – Tintas – Determinação da aderência**. Rio de Janeiro, 2009.
- ALMEIDA, M.E.M. **Guia sobre proteção anticorrosiva na indústria automobilística**. Protap, 2000.
- BEM, Patrícia. **Minimização do Efluente Gerado em Pré-Tratamento de Pintura Automotiva: Um caso Industrial**. Dissertação de Mestrado. Departamento de Pós, 2008. Graduação em Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Paraná. Curitiba, 2008.
- BOSSARDI, K. **Nanotecnologia aplicada a tratamentos superficiais para o aço carbono 1020 como alternativa ao fosfato de zinco**. Dissertação de Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais – Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2007.
- CETESB SÃO PAULO. Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. **Relatório de estabelecimento de valores orientadores para solo e água subterrânea**. 2001.
- COELHO, C. C. S. R. **A questão ambiental dentro das indústrias de Santa Catarina: uma abordagem para o segmento industrial têxtil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 1996.
- DRONIOU, Patrick et al. **Nanoceramic-based Conversion Coating: Ecological and economic benefits position process as a viable alternative to phosphating systems**. Organic Finishing 2005.
- EROL, P.; THOMING, J. **ECO-optimization of pre-treatment processes in metal finishing**. Computers and Chemical Engineering, 587-598. 2005
- EYER, C. **Qualidade Ambiental. O desafio de ser competitivo protegendo o meio ambiente**. 1 ed. Brasil, Pionera – ABIMAQ/SINDIMAQ, 1995
- MARTINS, P. (2008). “**Nanotecnologia e meio ambiente para uma sociedade sustentável**”. Centro de Investigación en Alimentación y Desarrollo, A.C.
- MAINIER, F.B.; SILVA, R.R.C.M.; **As formulações inibidoras de corrosão e o meio ambiente**. Rio de Janeiro; Engevista, v. 6, n. 3, p. 106-112, 2004.
- MOTA, Suetônio. **Introdução à Engenharia Ambiental**. 3.ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.
- PETSCHER, M. **Pollution Prevention and Conversion Coating in the Automobile Industry**. Metal Finishing. 26-29. Setembro, 1996.
- TESTA, A. **Camadas de conversão Nanocerâmicas**. Tratamento de Superfície. N 130 v.25, 2005.
- WEG INDÚSTRIAS S/A – QUÍMICA. **Pintura industrial em pó: DT 13**. Santa Catarina, 2005.



De 07/10/2020 a 09/10/2020 ISSN -  
2526-2769



ZAPAROLLI, D. **Tratamento de superfície – Nanotecnologia substitui fosfatização.** Rio de Janeiro; Química e Derivados. Junho 2005.