

**UNIVERSIDADE DE PASSO FUNDO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM PROJETO E PROCESSOS DE
FABRICAÇÃO – MESTRADO PROFISSIONAL**

Francine Centenaro

**ANÁLISE AMBIENTAL DA SUBSTITUIÇÃO DO PROCESSO DE PRÉ-
TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE COM BANHO DE FOSFATO DE
ZINCO POR NANOCERÂMICO EM UMA EMPRESA
METALMECÂNICA**

Passo Fundo

2015

Francine Centenaro

**ANÁLISE AMBIENTAL DA SUBSTITUIÇÃO DO PROCESSO DE PRÉ-
TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE COM BANHO DE FOSFATO DE
ZINCO POR NANOCERÂMICO EM UMA EMPRESA
METALMECÂNICA**

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Hemkemeier

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Projeto e Processos de Fabricação da Universidade de Passo Fundo, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Projeto e Processos de Fabricação.

Passo Fundo

2015

Francine Centenaro

**ANÁLISE AMBIENTAL DA SUBSTITUIÇÃO DO PROCESSO DE PRÉ-
TRATAMENTO DE SUPERFÍCIE COM BANHO DE FOSFATO DE
ZINCO POR NANOCERÂMICO EM UMA EMPRESA
METALMECÂNICA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-graduação em Projeto e Processos de Fabricação da Universidade de Passo Fundo, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Projeto e Processos de Fabricação.

Data de aprovação: 18 de dezembro de 2015.

Os componentes da banca examinadora abaixo aprovaram a dissertação:

Professor Doutor Marcelo Hemkemeier
Orientador

Professora Doutora Evanisa Melo
Universidade de Passo Fundo - UPF

Professora Doutora Luciana Brandli
Universidade de Passo Fundo - UPF

Professor Doutor Wu Chao Bing
Universidade de Passo Fundo - UPF

Dedicatória

*Dedico a todas as pessoas
que direta ou indiretamente contribuíram
para que eu alcançasse este objetivo,
especialmente ao meu esposo Celso pelo incentivo,
e à empresa que me oportunizou a realização deste projeto.*

RESUMO

Foi realizado um levantamento bibliográfico para identificar as vantagens e desvantagens quanto às questões ambientais do processo por banho de fosfato de zinco, bem como para a proposta alternativa de banho nanocerâmico. O estudo foi realizado em uma indústria do setor metalmeccânico localizada no noroeste do Estado do Rio Grande do Sul com o objetivo de verificar a possibilidade de alteração do processo de pré-tratamento de peças metálicas a serem pintadas com o intuito de minimizar os aspectos ambientais na forma de efluentes, sem interferir na qualidade das peças. O pré-tratamento é etapa fundamental no processo de fabricação de itens e conjuntos metálicos que terão acabamento em pintura, pois o mesmo remove as sujidades que provocam corrosão e melhora a aderência da tinta. Os resultados obtidos foram satisfatórios, pois pelo teste de aderência pode-se constatar que a alteração do processo não afetará a qualidade dos itens. Em forma de tabela, pode-se apresentar as vantagens e desvantagens de ambos os processos de tratamento, com relação a diversos aspectos. 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.

ABSTRACT

A literature review was conducted to identify the advantages and disadvantages on environmental issues in the case of zinc phosphate bath, as well as for the alternative proposal of nanocerâmico bath. The study was conducted in a metal-mechanic sector industry located in northwestern Rio Grande do Sul State in order to verify the possibility of modification of the pretreatment of metal parts process to be painted in order to minimize the environmental aspects of form of waste without interfering with the quality of the parts. The pretreatment is essential step in the manufacturing process of items and metal clusters that have finished painting, because it removes the dirt which cause corrosion and improves the adhesion of the ink. The results were satisfactory, since the adhesion test can be seen that the process change will not affect the quality of the items. In a table, you can present the advantages and disadvantages of both methods of treatment, with regard to several aspects. Even having a higher initial cost, the change of the phosphate bath process by nanocerâmico, it becomes advantageous because it reduces bulk and facilitates the treatment of the effluent generated by reducing the presence of toxic metals, thus adopting a conduit less environmentally intrusive.

Keywords: Surface treatment. Nanotechnology. Environmental impacts.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Organograma da indústria analisada.....	26
Figura 2 - Etapas da pesquisa.....	27
Figura 3 - Mapeamento dos processos geradores de resíduo.....	31
Figura 4 - Processo de recebimento de matéria prima.....	32
Figura 5 - Processo de corte laser.....	32
Figura 6 - Processo de lixamento e Esmerilhamento.....	33
Figura 7 - Processo de dobra e estamparia.....	33
Figura 8 - Processo de usinagem.....	34
Figura 9 - Processo de solda.....	34
Figura 10 - Processo de montagem.....	35
Figura 11 - Processo de tratamento superficial.....	35
Figura 12 - Processo de pintura líquida.....	36
Figura 13 - Processo de secagem.....	36
Figura 14 - Impactos ambientais no processo produtivo.....	40
Figura 15 - Estação de tratamento de efluentes.....	42
Figura 16 - Aspecto do corpo de prova tratado com fosfato de zinco e com pintura líquida, após o teste de aderência.....	46
Figura 17 - Aspecto do corpo de prova tratado com nanocerâmico e com pintura líquida, após o teste de aderência.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Estimativa de custo dos produtos necessários para implementação de um processo de tratamento superficial a base de fosfato de zinco.	44
Tabela 2 - Produtos necessário para implementação do tratamento superficial com nanocerâmicos.	44

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 - Comparação dos processos de pré-tratamento.	23
Quadro 2 - Classificação do grau de aderência conforme NBR11003.....	30
Quadro 3 - Principais tipos de resíduos gerados, formas de acondicionamento e armazenamento e destino.....	37
Quadro 4 - Valoração dos aspectos ambientais dos processos produtivos.....	38
Quadro 5 - Adaptação da Matriz de Leopold para identificação dos aspectos positivos e negativos nos processos produtivos.....	39
Quadro 6 - Classificação do nível de impacto por atividade.....	40
Quadro 7 - Insumos utilizados no banho de fosfato de zinco.....	41
Quadro 8 - Impactos ambientais e agentes causadores, no processo de pré-tratamento.	41
Quadro 9 - Ensaio em amostra de efluente bruto da Estação de Tratamento de Efluentes.	43
Quadro 10 - Comparação dos processos de pré-tratamento para a indústria analisada.....	48

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
2 REFERENCIAL TEÓRICO	14
2.1 Aspectos ambientais dos processos produtivos.....	14
2.2 Tratamento superficial com banho a base de fosfato de zinco.....	18
2.3 Tratamento superficial com banho a base de nanocerâmicos.....	20
2.4 Matriz de Leopold	23
3 MATERIAIS E MÉTODOS	25
3.1 Caracterização da empresa	25
3.2 Etapas da pesquisa	27
3.3 Identificação dos aspectos ambientais nos processos produtivos.....	28
3.4 Processo atual de banho de tratamento superficial com fosfato de zinco	28
3.5 Volumes e custos dos banhos de pré-tratamento analisados.....	28
3.6 Teste de aderência da tinta na superfície tratada com ambos os pré-tratamentos...	29
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	31
4.1 Mapeamento dos processos produtivos geradores de resíduos	31
4.2 Verificação dos aspectos ambientais no processo de pré-tratamento superficial.....	41
4.3 Análise de investimento para implementação de um tratamento superficial com banho a base de fosfato de zinco comparado ao banho a base de nanocerâmicos	43
4.4 Teste de aderência da tinta na superfície tratada com ambos os pré-tratamentos...	46
4.5 Considerações finais	47
5 CONCLUSÕES.....	49
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	51
APÊNDICE	54

1 INTRODUÇÃO

A engenharia, tanto de processo, de projeto como de produto, é parte fundamental dentro da indústria metalmeccânica, pois é ela que vai definir o que vai ser produzido, como produzir e quais os materiais e recursos que serão utilizados. Pode ainda esta, dependendo da organização estrutural da empresa, ser responsável pela composição do custo do produto. Quando da elaboração do custo de produção de um determinado produto, é importante que, além das características do produto e propriedades do material empregado, sejam considerados os valores gastos com o tratamento e destinação dos resíduos gerados pelo processo empregado para fabricação do mesmo.

As principais estratégias das empresas quanto à questão de custos de produção, devem estar voltadas para que se consiga reduzir ao mínimo possível a produção de resíduos poluentes, elevando ao máximo a produtividade com grau de qualidade ambiental crescente, além, de manter sistemas de gerenciamento eficazes ao menor custo permitido.

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 observa, 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 metal mecânicos produzidos na indústria onde foi realizado o estudo é 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).

Grande parte das indústrias metalmeccânica realiza esta preparação superficial com banhos a base de fosfato de zinco. No entanto, uma alternativa para este processo é o banho à base de nanocerâmicos, ainda pouco utilizado na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul.

O presente estudo foi realizado em uma indústria do setor metalmeccânico localizada no noroeste do estado do Rio Grande do Sul, no mercado há mais de 30 anos, conta com aproximadamente 200 colaboradores, atende ao mercado agrícola, rodoviário, florestal e de movimentação de cargas. Esta indústria produz itens e conjuntos metálicos a partir de projetos recebidos de clientes. Estes itens passam por processos de corte, estampagem, solda, preparação de superfície e pintura. Depois de concluído o processo de fabricação destes itens, os mesmos são comercializados para montadoras de maquinas e tornam-se então componentes de tratores, colheitadeiras, plataformas de corte, plantadeiras, guindastes e usinas de asfalto.

O desenvolvimento deste projeto teve origem na engenharia, 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 na forma de efluentes, sem interferir na qualidade das peças, e a remoção do oxido de corte gerado no corte laser.

A norma em questão, especifica os requisitos de desempenho e performance de tratamento superficial e pintura dos produtos deste cliente em todo o mundo, bem como adverte quanto aos aspectos ambientais deste processo no ambiente fabril. De forma que o processo de pré-tratamento seria revisado em termos de qualidade e de aspectos ambientais, optou-se por fazer também a avaliação destes aspectos em todos os demais processos da fábrica.

Para atendimento à legislação ambiental, e à consequente proteção ao meio ambiente, o tratamento de efluentes em diversos setores da indústria, é uma das principais questões. Neste sentido, este trabalho pretende responder a seguinte questão: É possível alterar o processo de pré-tratamento das peças metálicas na indústria analisada, mantendo a qualidade superficial das peças prontas, e reduzindo os aspectos ambientais na forma de efluentes?

O objetivo geral deste estudo é identificar os aspectos ambientais, e propor a alteração do processo de pré-tratamento de peças metálicas a serem pintadas, sem interferir na qualidade das mesmas.

Para atingir o objetivo geral, faz-se necessário:

- a) Fazer um mapeamento dos aspectos ambientais na indústria analisada.
- b) Apresentar uma comparação entre o tratamento superficial com fosfato de zinco e nanocerâmico, diferenciando os mesmos em proporção de aspectos ambientais.
- c) Realizar ensaio de aderência de tinta em corpos de prova produzidos em aço carbono e tratados com fosfato de zinco e outras com nanocerâmico.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Este capítulo abordará três assuntos: os impactos ambientais dos processos produtivos, tratamento superficial com banho a base de fosfato de zinco, tratamento superficial com banho a base de nanocerâmico.

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.

Conciliar a produção, o desenvolvimento com a conservação e a qualidade ambiental é um desafio que deve ser buscado a partir de esforços conjuntos. A busca pela sustentabilidade tem levado as empresas a refletir sobre a sua interação com o meio ambiente (HJERESSEN *et al.*, 2002). A realidade das questões ambientais no mundo dos negócios tem se tornado mais complexa desde o começo da década de 90, abrangendo não apenas a simples conformidade com as leis, mas também a responsabilidade social, pois, de acordo com Souza (2003), a proteção ambiental e a competitividade são intimamente relacionáveis. A indústria brasileira passou a conviver com novos padrões de qualidade ambiental a partir de 1996, na forma da série de normas ISO 14000, passando, assim, a preparar-se para este ambiente cada vez mais competitivo.

A maioria das empresas tratam as questões ambientais somente no âmbito de atendimento a legislação, fato este, que deve ser modificado, adotando-se estratégias ambientais duradouras e perfeitamente alinhadas às suas estratégias organizacionais. No entanto, sabe-se que a implementação de um sistema de gestão ambiental abrangente pode se tornar muito oneroso, ainda assim, empresas de diversos setores tendem a assumir uma posição proativa, motivadas não somente por imposições legais, mas também, para quebra de barreiras comerciais. Desta forma, o administrador e o investidor, que antes tinham a gestão ambiental como mais um fator de aumento de custos do processo produtivo depara-se com vantagens competitivas e oportunidades econômicas de uma gestão responsável dos recursos naturais (D'AVIGNON, 1996; SERBER, 2009).

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. A concentração destes metais no meio ambiente é, em maioria, oriunda da geração de resíduos sólidos das indústrias de siderurgia, de metais não ferrosos, das que executam processos de galvanoplastia e pintura, entre outros. Os metais podem ser percolados por meio de líquidos como a água da chuva, infiltrando-se no solo e, quando alcança o lençol freático, contamina a água subterrânea. Sempre que possível, os resíduos que não podem ser evitados devem ser reintegrados ao processo de produção da empresa por meio de reciclagem interna. Também são indicadas medidas de reciclagem fora da empresa, quando outras soluções forem tecnicamente descartadas (EYER, 1995; COELHO, 1996).

Com o intenso crescimento econômico das últimas décadas houve um agravamento dos problemas ambientais. Por essa razão foi criada em setembro de 1996 as normas da série ISO 14000, através da liderança da International Standardization Organization – ISO. Essas normas fomentam a prevenção de processos que conduzem a contaminações ambientais, uma vez que orientam a organização quanto a sua estrutura, forma de operação e de levantamento, armazenamento, recuperação e disponibilização de dados e resultados (sempre atentando para as necessidades futuras e imediatas de mercado e, conseqüentemente, a satisfação do cliente). O objetivo maior da gestão ambiental definida pela ISO 14001 deve ser a busca permanente de melhoria da qualidade ambiental dos serviços, produtos e ambiente de trabalho de qualquer organização pública ou privada (SILVA, 2011).

A mais de uma década a prevenção da poluição vem sendo tema de discussões entre os fornecedores de fosfato para a indústria. Durante todos estes anos os objetivos de inúmeros desenvolvimentos para os fabricantes vêm sendo este tema e muitos projetos foram criados para a prevenção da poluição. Na maioria dos casos as alterações químicas nos produtos não são uma demanda do cliente final, mas sim um reflexo das decisões do fornecedor em respeitar o meio ambiente (PETSCHER, 1996).

A minimização dos impactos ambientais pode ser alcançada pela reutilização ou pela recuperação máxima dos recursos. Quando altas taxas de reciclagem são desejadas, é necessário alterar parâmetros como consumo de energia pela água, sistemas de recuperação de substâncias químicas e custos elevados. O elevado consumo de energia é relacionado a aspectos ecológicos e econômicos. Este dilema indica as necessidades de otimização com

objetivos múltiplos, através de um processo eco-eco (ecológico e econômico) (EROL; THOMING, 2005).

O processo de desengraxe é aplicado para remover óleos e outras impurezas que possam estar impregnadas na superfície metálica a ser pintada. A utilização de fórmulas a base de água ao invés de solventes orgânicos contribui significativamente para a redução dos compostos orgânicos voláteis (COV) nesta etapa. A alteração para compostos a base de água também permite a utilização de surfactantes que são compatíveis com os estágios subsequentes do processo. A escolha dos surfactantes é feita com base em características de biodegradabilidade e toxicidade (PETSCHER, 1996).

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. Globalmente há uma grande preocupação quanto ao tema, principalmente na comunidade europeia, onde sistemas alternativos vêm sendo estudados e aplicados. Na indústria automotiva as evoluções seguem em ritmo mais lento. Algumas alternativas envolvem a substituição do níquel por cobre ou cobalto, e a utilização de manganês para modificar o cristal de fosfato de zinco. Há ainda indicações de que o uso de fosfato de manganês pode atingir o desempenho requerido (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).

Considerando a água como um importante insumo do processo, pensa-se erroneamente que uma boa lavagem só pode ser realizada com o emprego de um grande consumo de água. No entanto, é possível uma boa lavagem com uma pequena quantidade de água, uma vez que com o emprego de técnicas combinadas de lavagem (estanque e cascata, por exemplo) ocorre uma redução drástica no consumo de água e, conseqüentemente, uma concentração dos efluentes (PONTE, 1998; PONTE *et al*, 2000).

Segundo a ISO 14001, Gestão Ambiental é parte integrante do sistema de gestão global de uma organização. Inclui a estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para desenvolver, implementar, atingir, analisar criticamente e manter a política ambiental. É o que a empresa faz para minimizar ou eliminar os efeitos negativos provocados no ambiente pelas suas atividades (NBR ISO 14001, 2015).

Há alguns objetivos específicos da gestão ambiental, definidos segundo a norma NBR ISO 14.001 que destaca cinco pontos fundamentais:

- a) Implementar, manter e aprimorar um sistema de gestão ambiental;
- b) Assegurar-se de sua conformidade com sua política ambiental definida;
- c) Demonstrar tal conformidade a terceiros;
- d) Buscar certificação do seu sistema de gestão ambiental por uma organização externa;
- e) Realizar auto avaliação e emitir auto declaração de conformidade com esta Norma (NBR ISO 14001, 2015).

Além disso, a ISO 14001 define os princípios e elementos básicos de um SGA:

- a) Comprometimento e política – A organização deve definir sua política ambiental e assegurar o comprometimento com o seu SGA (Sistema de Gestão Ambiental);
- b) Planejamento – É recomendado que a organização formule um plano para cumprir sua política ambiental;
- c) Implementação - Recomenda-se que uma organização desenvolva a capacitação e os mecanismos de apoio necessários para atender sua política, seus objetivos e metas ambientais;
- d) Medição e avaliação - É recomendado que a organização mensure, monitore e avalie seu desempenho ambiental;
- e) Análise crítica e melhoria - é recomendado que a organização analise criticamente e aperfeiçoe continuamente seu sistema de gestão ambiental, com o objetivo de aprimorar seu desempenho ambiental global (NBR ISO 14001, 2015).

A ISO 14001 define como aspecto ambiental o elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente, sendo que um aspecto considerado significativo é aquele que resulta em um impacto ambiental significativo (NBR ISO 14001, 2015).

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei 12305/2010) reúne o conjunto de princípios, objetivos, instrumentos, diretrizes, metas e ações adotadas pelo Governo Federal, isoladamente ou em regime de cooperação com Estados, Distrito Federal, Municípios ou particulares, com vistas à gestão integrada e ao gerenciamento ambientalmente adequado dos resíduos sólidos. Na gestão e gerenciamento de resíduos sólidos, deve ser observada a seguinte ordem de prioridade: não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos (BRASIL, 2010).

Ainda de acordo com o previsto na Lei 12305/2010 (BRASIL, 2010), o poder público, o setor empresarial e a coletividade são responsáveis pela efetividade das ações voltadas para

assegurar a observância da Política Nacional de Resíduos Sólidos e das diretrizes e demais determinações estabelecidas nesta Lei e em seu regulamento. É instituída a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos, a ser implementada de forma individualizada e encadeada, abrangendo os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, os consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos, consoante às atribuições e procedimentos previstos nesta Seção. A responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos tem por objetivo:

- a) Compatibilizar interesses entre os agentes econômicos e sociais e os processos de gestão empresarial e mercadológica com os de gestão ambiental, desenvolvendo estratégias sustentáveis;
- b) Reduzir a geração de resíduos sólidos, o desperdício de materiais, a poluição e os danos ambientais;
- c) Incentivar a utilização de insumos de menor agressividade ao meio ambiente e de maior sustentabilidade;
- d) Estimular o desenvolvimento de mercado, a produção e o consumo de produtos derivados de materiais reciclados e recicláveis;
- e) Propiciar que as atividades produtivas alcancem eficiência e sustentabilidade;
- f) Incentivar as boas práticas de responsabilidade socioambiental.

2.2 Tratamento superficial com banho a base de fosfato de zinco

Em todos os tratamentos de superfície metálica, a superfície a ser recoberta deve estar limpa, isto é, isenta de qualquer sujidade. Esta condição é fundamental para se conseguir revestimentos de boa aderência, uniformidade e aparência. No entanto, os métodos de limpeza adotados podem influenciar na aderência à superfície. É essencial então, remover qualquer tipo de contaminantes oleosos e produtos corrosivos para obter bom acabamento. Ainda, uma etapa de pré-lavagem pode ser utilizada para uma remoção grosseira de óleos e partículas que poderiam tornar difícil a etapa de limpeza (SANKARA; NARAYANAN, 1996; PETSCHER, 1996).

O desenvolvimento histórico do processo de fosfatização evidencia as inúmeras modificações ao longo dos anos, seguindo o desenvolvimento das tecnologias em acabamento superficial. A arte de modificar as formulações da fosfatização através da correta incorporação de aditivos metálicos, como Ni^{+2} e/ou Mn^{+2} para produzir um revestimento que

atenda às necessidades da pintura eletroforética é um exemplo. Uma das principais características do banho de fosfatização é o seu pH. Gilbert (1956) definiu o “Ponto de Início de Precipitação – PIP” como o pH a cujo nível os fosfatos deixam a solução e precipitam (usualmente entre pH 4 e 5 para o caso do ferro). Outros estudos indicam que o PIP pode ocorrer em valores de pH mais elevados, como 5 ou 6 (SANKARA; NARAYANAN, 1996); (BURNS & BRADLEY, 1959).

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 fosfatação, conhecidos como “aceleradores”, atuam sobre a cinética da reação e permitem controlar as reações de redução e oxidação (redox) na interface (ALMEIDA, 2000); (WEG INDÚSTRIAS S/A – QUÍMICA, 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. O filme de passivação formado durante a fosfatização fornece uma proteção temporária contra a corrosão e prepara a superfície para uma camada orgânica (EROL; THOMING, 2005).

Num segundo passo (precipitação extremamente fina de cristais de fosfato), o ataque do metal modifica o equilíbrio do banho de fosfatos na interface metal/solução, de tal modo que origina a precipitação massiva de fosfatos. Durante este período, estudos químicos e com raios-X mostraram que quase todos os elementos necessários à formação de fosfatos estavam precipitados principalmente no estado amorfo (GALI; POTVIN, 1982).

Num terceiro passo (cristalização) verifica-se um nítido aumento da quantidade dos principais constituintes da camada, que passa de fosfatos amorfos a cristalinos. Finalmente, durante um quarto passo, os fosfatos da camada dissolvem-se e reprecipitam muito rapidamente, resultando daí uma reorganização cristalina, acompanhada por um rápido e significativo decréscimo de porosidade, a qual se torna inferior a 1% (GALI; POTVIN, 1982).

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. Além disso, o excesso de íons fosfato na água causa um

desequilíbrio, denominado eutrofização, que pode acarretar na morte de animais, o que tornou frequente a busca por alternativas a fosfatização (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.

Devido à formação do resíduo, conhecido como lama de fosfato ou borra de fosfato, algumas plantas industriais utilizam produtos químicos como bora de nitrito, fluoreto, perborato de sódio, carbonato de níquel, ácido bórico e fosfato de amônia, para controlar a formação deste resíduo e também melhorar a formação de cristais na película de revestimento (ALMEIDA, 2000).

Os despejos industriais deste processo causam graves problemas de poluição hídrica por conterem metais pesados, que acima de determinadas concentrações podem ser tóxicos ao meio ambiente e ao ser humano. O lodo gerado neste processo é classificado segundo a NBR 10004 em Resíduos Perigosos como classe I, apresentando características de corrosividade, toxicidade, inflamabilidade ou reatividade. 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. Na segunda forma, considera-se a diferenciação entre nanociência e nanotecnologia, sendo a primeira o estudo dos princípios fundamentais de moléculas e estruturas, e a segunda a aplicação destas moléculas e nanoestruturas em dispositivos nanométricos.

A nanotecnologia tem sido usada em processos de tratamento superficiais, ambientalmente favorável em comparação com o processo de fosfatização. Possui características interessantíssimas como a ausência de metais tóxicos (Ni, Cr), redução de lodo gerado, além de ser economicamente viável por requerer menos estágios no processo e é realizada a temperatura ambiente (RAKIEWICZ, 2008).

Na escala nanométrica, um material passa a se comportar com base na física quântica, que difere em vários pontos da física clássica. Podem ser atingidas propriedades térmicas, ópticas e elétricas, quando submetidos à miniaturização em nano partículas, mantendo-se a mesma composição química. Entre diferentes elementos químicos, também podem ocorrer diferentes reações químicas em proporções muito menores, dado que partículas nanométricas apresentam uma área de contato muito maior. Pode-se citar, o controle das características desejáveis, a otimização do uso de recursos, um menor impacto ambiental, o desenvolvimento de fármacos com menores efeitos colaterais e o aumento da capacidade de processamento de sistemas computacionais, como sendo os principais benefícios do avanço da nanotecnologia (NANOTEKNOLOGIA, 2011).

No Brasil, podem-se identificar diversas iniciativas de pesquisa, o que ainda se sente necessidade, é de empresas dispostas a fazer investimentos e comercializar produtos nanotecnológicos. A Nanotecnologia pode ser separada em três áreas, sendo elas a biotecnologia, semicondutores, e de novos materiais como, por exemplo, nanotubos de carbono. Porém, a Nanotecnologia pode apresentar novos riscos para nossa saúde e meio ambiente e provocar impactos socioambientais novos. O que pode complicar a caracterização dos eventuais impactos sanitários, é que não se conhece efetivamente os nanoproductos que são fabricados. (SOARES, 2011).

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).

Atualmente, dois procedimentos são utilizados para se obter materiais na escala nanométrica. O primeiro, chamado de procedimento “de baixo para cima” (*Bottom-up*), consiste em tentar construir o material a partir de seus componentes básicos, ou seja, seus

átomos e moléculas. É a chamada de “abordagem química”. O segundo, chamado de procedimento “de cima para baixo” (*Top-down*), consiste em fabricar um objeto nanométrico pela eliminação do excesso de material existente em uma amostra maior de material. É também chamada de “abordagem física” (MELO; PIMENTA, 2004).

De qualquer maneira, a nanotecnologia pode possibilitar tanto inovações incrementais quanto descontínuas. Elas podem ter grande impacto nas empresas à medida que requerem novas competências que podem até mesmo romper com as competências nelas existente. Esta situação traz para discussão a importância da formação de competências nas diferentes nanotecnologias, bem com o papel das empresas novas e estabelecidas no âmbito das discontinuidades tecnológicas, e como essas empresas administram o conhecimento e recursos. Como a técnica *top-down* está relacionada a aspectos incrementais, as empresas já estabelecidas podem ser favorecidas, enquanto a técnica *bottom-up* pode abrir espaço para a entrada de novas empresas, mais relacionadas com aspectos de discontinuidade (OECD, 2010).

Uma combinação de nanoestrutura de cerâmica do tipo óxido metálico, com metais como zircônio e/ou titânio, é o que compõem esta nova geração de pré tratamentos de superfície ecológica, econômica, isenta de metais tóxicos e de íons de fosfato. Os banhos e/ou revestimentos desenvolvidos para substituir a fosfatização e banhos livres de cromo, são normalmente uma solução aquosa de fluoretos de boro, sílica, titânio ou zircônio. O banho pode ainda conter polímeros orgânicos para uma maior proteção à corrosão, é possível também, adicionar uma pequena quantidade de hexafluor com o intuito de aumentar a dissolução do filme de óxido formado (DRONIOU, 2005; NORDLIENA, 2002).

O Quadro 1 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 1 - 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: Bossardi (2007); Droniou (2005); Martins(2008); Soares (2011).

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. 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).

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

2.4 Matriz de Leopold

O princípio básico da Matriz de Leopold consiste em, primeiramente, assinalar todas as possíveis interações entre as ações e os fatores, para em seguida ponderar a magnitude e a importância de cada impacto. Enquanto a valoração da magnitude é relativamente objetiva ou normativa, pois se refere ao grau de alteração provocado pela ação sobre o fato ambiental, a pontuação da importância é subjetiva ou empírica uma vez que envolve atribuição de peso relativo ao fator afetado no âmbito do projeto (COSTA, 2005).

Apesar do seu papel vital na gestão ambiental, a avaliação dos impactos ambientais de um projeto é considerada como um dos elementos mais difíceis e menos compreendidos do processo, principalmente devido à sua natureza subjetiva (LAWRENCE, 2007; IJÄS, 2010).

A Matriz de Leopold, com diversas variantes, tem sido utilizada em estudos, procurando associar os impactos de uma determinada ação de um empreendimento com as diversas características ambientais de sua área de influência (MOTA, 2002; MAVROULIDOU, 2007).

A matriz original é constituída de 100 colunas representando as ações do projeto, e de 88 linhas relativas aos fatores ambientais, totalizando 8.800 possíveis interações. Porém, devido à dificuldade de se trabalhar com tantas interações, vem sendo reduzida e adaptada de acordo com cada projeto (ROCHA, 2005; MAVROULIDOU, 2007; IJÄS, 2010; SOUSA, 2011).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Este capítulo apresentará os materiais objetos deste estudo, bem como, serão descritos os métodos e procedimentos aplicados para a realização do estudo.

O passo inicial deste trabalho foi realizar um levantamento da situação atual da empresa quanto ao volume de produção, processos empregados e gerenciamento de resíduos da produção. Para isso, buscaram-se informações no sistema que gerencia as entradas e saídas de materiais da empresa, o planejamento e controle da produção, a engenharia, e o setor financeiro.

Tornou-se necessário também, relacionar os principais produtos químicos utilizados no processo atual de banho das peças e conjuntos metálicos, e em seguida verificar os principais poluentes gerados por este bem como, o impacto que os mesmos representam ao ambiente. Isto foi realizado por meio de avaliação do laudo de ensaio de amostras recolhidas na estação de tratamento de efluentes.

3.1 Caracterização da empresa

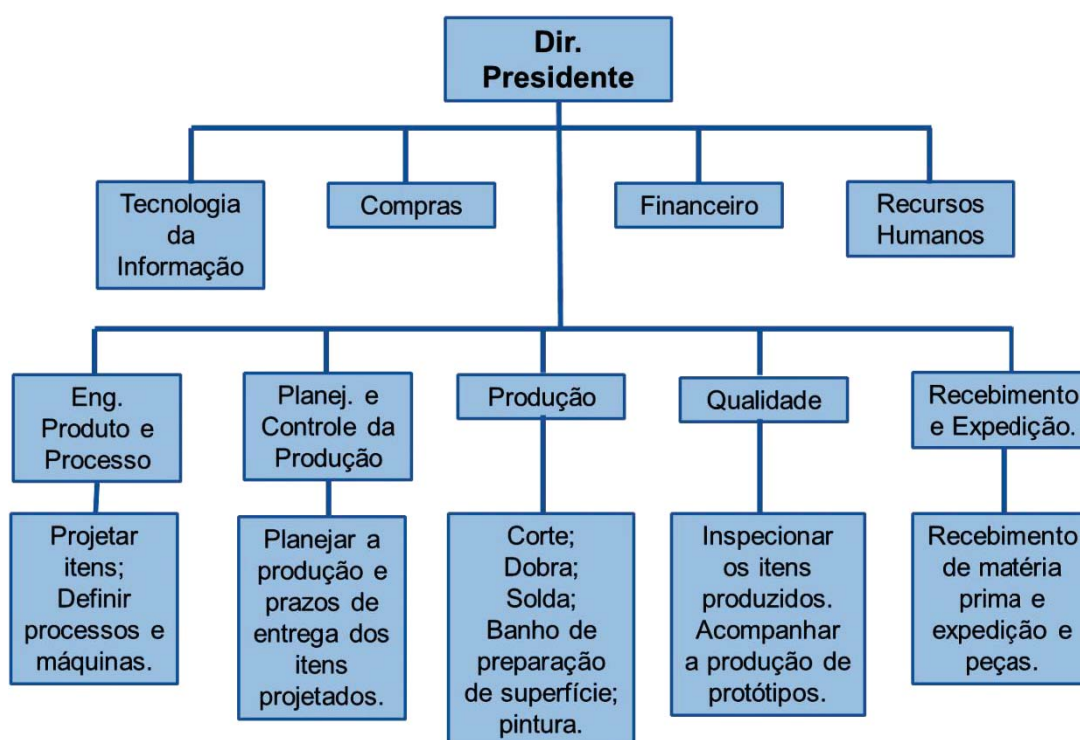
A empresa na qual foi desenvolvido o estudo trabalha com a produção de peças e conjuntos em material metálico, fornecido em sua maioria, para indústrias de máquinas e equipamentos agrícolas. Para isso, conta com processos de corte, conformação, solda, tratamento superficial e pintura, podendo esta ser líquida ou a pó. É certificada ISO 9001/2008, e organiza seus processos para uma produção enxuta, de modo a fabricar produtos de alta qualidade permitindo a competição com demais empresas do ramo no mercado nacional.

Entre outros documentos necessários, a empresa possui licenciamento ambiental para operação e preocupa-se manter-se constantemente de acordo com a legislação ambiental. Para máquinas e equipamentos que podem emitir poluentes na atmosfera possui sistema de controle através de filtros que bloqueia a passagem de partículas volantes. A indústria possui sistema de exaustão no setor da solda e rebarba com a finalidade de sugar os fumos metálicos gerados neste processo produtivo.

Nas estufas de pintura acontece o monitoramento qualitativo dos filtros de contenção os quais tem a finalidade de absorver as partículas da névoa de tinta, liberando somente o ar através do sistema de exaustão.

As operações de desengraxe, decapagem, pré-fosfatização são realizadas em tanques de contenção não possibilitando o contato de produto usado nos processo de tratamento entre em contato com o meio ambiente. Os tanques são vedados não permitindo vazamentos de poluentes, os efluentes líquidos são mantidos em tanques de contenção e transferidos para tanque de tratamento que fica localizada nas dependências da empresa e esta transferência é feita através do sistema de canalização. O transporte de resíduos é realizado por empresa autorizada a realizar movimentação de produtos perigosos que tem autorização da FEPAM. A Figura 1 apresenta o organograma com os setores da indústria.

Figura 1 - Organograma da indústria analisada.



Fonte: Empresa analisada, 2015.

Por meio do levantamento da situação atual da empresa quanto ao volume de produção, processos empregados e gerenciamento de resíduos desta produção, identificou-se que são produzidos em média 700 conjuntos soldados e 350.000 peças agrícolas mensalmente na empresa.

A produção destes itens utiliza os processos de corte laser, dobra, solda, preparação de superfície, pintura, cura e expedição. Esta produção utiliza em média 220 toneladas de matéria prima aço de diversas espessuras, e resulta em média em 40,5 toneladas de sucata de aço que são aglomeradas em containers sem que haja distinção por tipo de material e grau de

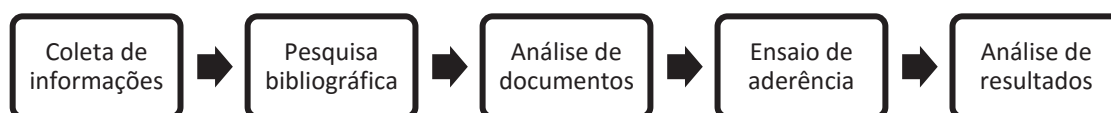
contaminação, que pode variar de acordo com processos utilizados na fabricação da matéria prima.

Entre todos os setores nos quais estão divididas as atividades realizadas na empresa, o setor da produção é o setor no qual são observados os maiores índices de geração de resíduos, e a presença de aspectos ambientais. Por meio da verificação no “chão de fábrica”, e posterior análise da licença ambiental concedida para empresa, pode-se mapear os processos e/ou operações empregadas para produção dos itens e conjuntos, bem como o tipo de resíduo gerado por cada um dos processos.

3.2 Etapas da pesquisa

Para o desenvolvimento deste estudo, definiram-se as seguintes etapas conforme Figura 2:

Figura 2 - Etapas da pesquisa.



Fonte: A Autora (2015).

a) Coletar informações sobre os processos que apresentam aspectos ambientais, através de uma pesquisa de campo na fábrica e entrevistas informais com os operadores dos processos. O formulário com as perguntas feitas aos operadores pode ser visualizado no Apêndice A. Para responder ao questionário, foram selecionados os operadores com maior tempo de experiência em cada processo.

b) Realizar pesquisa bibliográfica sobre a legislação que vigora sobre aspectos ambientais, e por meio de pesquisa bibliográfica e realização de ensaios, relacionar as vantagens e desvantagens dos processos de pré-tratamento por fosfato de zinco, e nanocerâmico.

c) Análise de documentos da empresa, relacionados a volumes de produção, materiais utilizados, análises dos aspectos ambientais presentes e custos do processo de pré-tratamento das peças.

d) Realizar ensaio de aderência de tinta em corpos de prova que tenham recebido banho de tratamento superficial a base de fosfato de zinco e comparar aos que receberam banho a base de nanocerâmico.

3.3 Identificação dos aspectos ambientais nos processos produtivos

De modo a identificar os processos produtivos com maior presença de aspectos ambientais fez-se uma adaptação da Matriz de Leopold, onde foram relacionados os aspectos ambientais dos diversos processos.

A constituição da matriz desenvolveu-se em etapas. Na primeira identificaram-se as atividades potencialmente impactantes ao meio ambiente e os aspectos ambientais existentes que podem ser afetados por essas atividades para todos os processos produtivos desta indústria. Em seguida, foi realizado cada cruzamento proposto pela matriz, ponderando quanto ao caráter, criticidade e reversibilidade, cada um dos aspectos ambientais relacionados.

3.4 Processo atual de banho de tratamento superficial com fosfato de zinco

Primeiramente realizou-se um levantamento dos principais produtos químicos utilizados no processo atual de banho das peças e conjuntos metálicos, e em seguida verificou-se o nível de agressão que os mesmos representam ao meio ambiente.

Estes dados foram coletados por meio da verificação de documentos de propriedade da empresa, e que são utilizados no sistema de gestão ambiental que esta pratica, bem como, nos registros de procedimento e controle do banho de tratamento. Os volumes e frequência de troca dos produtos no processo foram identificados por meio de consultas e relatórios disponíveis no software que gerencia os processos nesta empresa.

3.5 Volumes e custos dos banhos de pré-tratamento analisados

Quanto ao processo de pré-tratamento das peças antes da pintura, foram levantados os componentes e volumes do processo atual, que utiliza fosfato de zinco e, volumes e custos

para implementação de um processo de pré-tratamento à base de produtos nanocerâmicos, que consiste na combinação de estrutura cerâmica do tipo óxido metálico, com metais como Zircônio e Titânio. O orçamento foi realizado com a empresa que fornece os produtos para o processo atual, pois a mesma fornece os produtos e presta assistência para ambos os processos.

Os volumes foram definidos observando-se a produção média anual da indústria por meio de relatórios obtidos no sistema que realiza o gerenciamento dos processos produtivos.





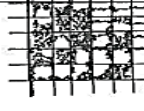
3.6 Teste de aderência da tinta na superfície tratada com ambos os pré-tratamentos

Após definição da alternativa a ser adotada, foram produzidas amostras de material com tratamento definido e produzidas amostras na situação de banho atual. Nestas amostras, foi aplicada tinta líquida e 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, 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, os resultados apresentados pelo ensaio foram confrontados com o que apresenta esta norma, para a qual segue a classificação descrita no Quadro 2.

Quadro 2 - Classificação do grau de aderência conforme NBR11003.

<p>GR 0 As bordas dos cortes permanecem.Completamente íntegras, nenhum dos quadrinhos foi destacado.</p>	
<p>GR 1 Pequenos fragmentos da película foram destacados ao longo das interseções. A área afetada é menor que 5%.</p>	
<p>GR 2 Pequenos fragmentos da película foram destacados nas interseções dos cortes. A área afetada é de 5 a 15% do quadriculado.</p>	
<p>GR 3 A película se destaca ao longo das bordas e em parte do quadriculado.A área afetada é de 15 a 35% do quadriculado.</p>	
<p>GR 4 A película se destaca das bordas dos cortes em grandes tiras e quadrinhos inteiros se destacam. A área afetada é de 65% ou mais do quadriculado.</p>	

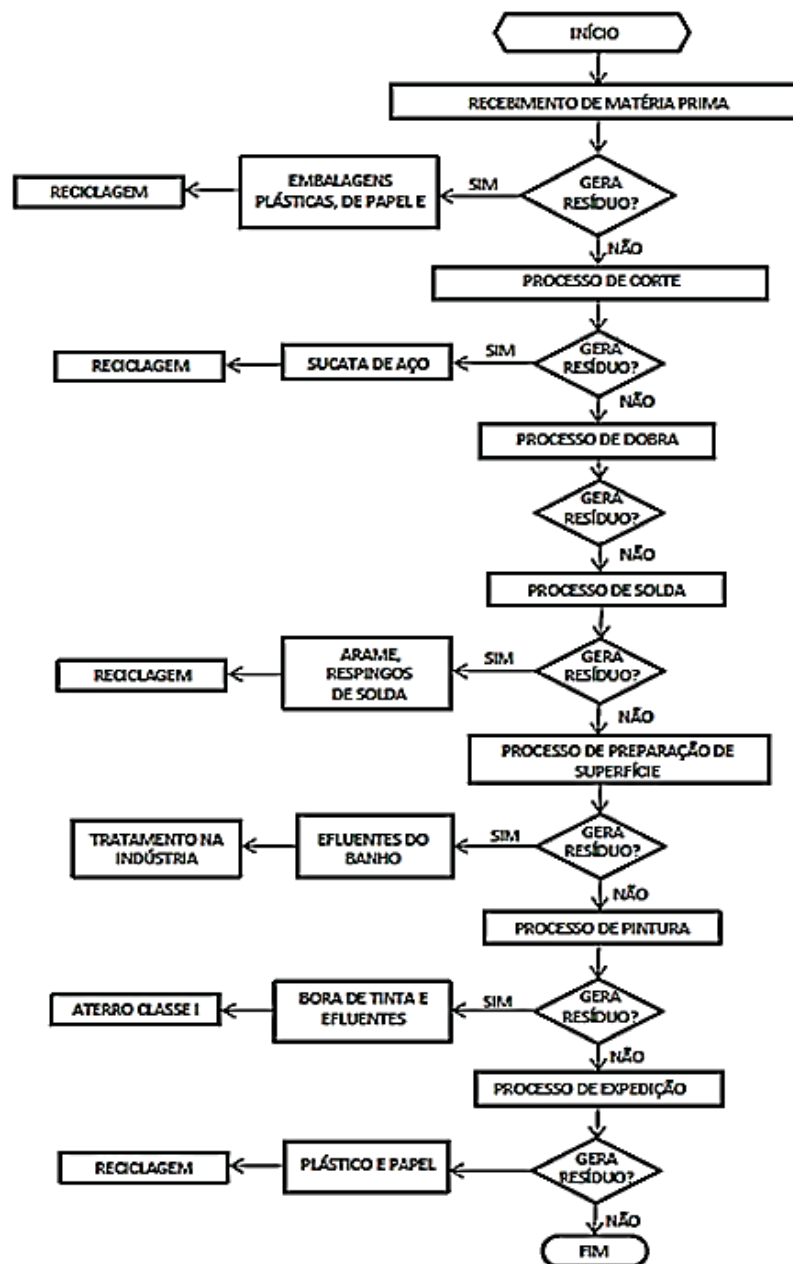
Fonte: NBR 11003 (2009).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Mapeamento dos processos produtivos geradores de resíduos

A Figura 3 apresenta o mapeamento realizado nos processos produtivos, de modo a identificar aqueles que são geradores de resíduos.

Figura 3 - Mapeamento dos processos geradores de resíduo.



A seguir é realizada a apresentação dos processos produtivos citados no fluxograma da empresa onde realizou-se o estudo.

- Recebimento de matéria prima: Apresentado na Figura 4 faz o recebimento de toda e qualquer matéria prima necessária aos processos de fabricação.

Figura 4 - Processo de recebimento de matéria prima.



Fonte: A Autora (2015).

- Corte: Ilustrado na Figura 5, este é o início do processo produtivo e realiza o corte de chapas, tubos, cantoneiras, perfis e barras de ferro. Neste processo se pode identificar a presença de resíduos sólidos e de fluído de corte.

Figura 5 - Processo de corte laser.



Fonte: A Autora (2015).

- Lixamento e Esmerilhamento: Retirada do excesso de material e acabamento em peças que tiveram o processo de solda, gerando resíduos sólidos em forma de poeira. O procedimento é ilustrado na Figura 6.

Figura 6 - Processo de lixamento e Esmerilhamento.



Fonte: A Autora (2015).

- Dobra Estamparia: É a conformação da chapa aplicando as dobras conforme desenho seguindo as instruções de trabalho. O processo é ilustrado na Figura 7 e este não gera resíduo.

Figura 7 - Processo de dobra e estamparia.



Fonte: A Autora (2015).

- Usinagem: Operação de torno convencional utilizada para dar acabamento nos itens. De modo que promove a remoção de material, este processo gera resíduos sólidos, e também líquidos oriundos do fluido refrigerante. O processo é ilustrado na Figura 8.

Figura 8 - Processo de usinagem.



Fonte: A Autora (2015).

- Solda: Neste processo é realizada a união das peças através do processo de solda com o auxílio de gabaritos e dispositivos para garantir a qualidade do processo. As células de solda podem ser visualizadas na Figura 9. O processo gera fumos de solda que são retirados por exaustor para evitar a contaminação dos operadores.

Figura 9 - Processo de solda.



Fonte: A Autora (2015).

- Montagem: Setor onde acontece a montagem de peças e componentes formando o conjunto montado, é apresentado na Figura 10. Nesta etapa do processo são gerados resíduos sólidos provenientes de restos de cola de para-brisa, estopa, feltro, plástico e papelão de embalagens de componentes.

Figura 10 - Processo de montagem.



Fonte: A Autora (2015).

- Tratamento de superfície: É a preparação da superfície das peças para o processo de pintura. É realizado através do sistema de imersão, as peças são movimentadas em cestos e tem o auxílio de talhas e monovias. Este processo é ilustrado na Figura 11 e nele ocorre a geração de resíduos líquidos que são provenientes dos banhos, e sólidos que são provenientes da borra de tinta.

Figura 11 - Processo de tratamento superficial.



Fonte: A Autora (2015).

- Fosfatização: É o tratamento aplicado nas peças através do sistema de imersão o manuseio é feito com o auxílio de cestos para conter as peças que são movimentadas através de monovias e suspensas por talhas. Neste, também ocorre a geração de resíduo líquido.
- Pintura: A Figura 12 apresenta o processo de pintura líquida, no entanto a empresa possui também, sistema de pintura a pó e ambas são realizadas dentro de estufas adequadas contendo filtros de absorção e sistemas de exaustão. Neste processo ocorre a geração de resíduo sólido, líquido e partículas voláteis.

Figura 12 - Processo de pintura líquida.



Fonte: A Autora (2015).

- Secagem: Processo ilustrado na Figura 13 ocorre após a pintura retirando as peças das cabines de pintura e enviando para a estufa através do sistema de monovias com auxílio de gancheiras.

Figura 13 - Processo de secagem.



Fonte: A Autora (2015).

Uma vez conhecendo os processos empregados, e a finalidade de cada um deles, pode-se então analisar a situação atual de cada um e na medida do possível, sugerir formas de melhoria de processo, redução de custos de produção, ou redução de geração de resíduos. No Quadro 3, são apresentados os principais tipos de resíduos gerados nesta indústria.

Quadro 3 - Principais tipos de resíduos gerados, formas de acondicionamento e armazenamento e destino.

Tipo de Resíduo	Quantidade anual	Unidade de Medida	Acondicionamento	Armazenamento	Destino
Borra de Tinta	12	m ³	Tambores metálicos	Área fechada, coberta, com piso impermeável	Aterro Classe I
Material Contaminado (EPIs, Panos, Estopas, Mantas de Poliéster)	10	m ³	Big Bags	Área fechada, coberta, com piso impermeável	Aterro Classe I
Lâmpadas	~100	un	Caixas de papelão	Área fechada, coberta, com piso impermeável	Retorno fornecedor
Lodo da ETE	22,5	m ³	Tambores metálicos	Área fechada, coberta, com piso impermeável	Aterro Classe I
Bombonas Plásticas	25	un	À granel	Área fechada, coberta, com piso impermeável	Retorno fornecedor
Sucatas Metálicas	60	ton	À granel	Área fechada, coberta, com piso impermeável	Reciclagem
Pallets de Madeira	600	un	À granel	Área aberta	Reuso / reutilização
Papel/papelão	5	ton	fardos	Área fechada, coberta	Reciclagem
Plásticos	3	ton	fardos	Área fechada, coberta	Reciclagem
Solvente Sujo	1.500	litros	Tambores metálicos	Área fechada, coberta, com piso impermeável	Reciclagem

Fonte: Fonte: A Autora (2015).

Como se pode observar, os resíduos líquidos já apresentam tratamento, processamento e destinação adequados para o porte da empresa de acordo com a legislação ambiental. Sendo

assim, destinou-se uma atenção maior ao estudo de melhorias no reuso, armazenamento e destinação de resíduos sólidos.

A manutenção de máquinas e equipamentos que contribuem a geração de resíduos com óleos e estopas. Constantemente são realizadas atividades com os colaboradores, com o intuito de promover a melhoria de produtividade, redução dos custos de fabricação e desta forma a redução na geração de resíduos.

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.

A valoração dos impactos deu-se de acordo com o Quadro 4:

Quadro 4 - Valoração dos aspectos ambientais dos processos produtivos.

Atributo	Valor		
Caráter	Positivo (1)	Neutro (0)	Negativo (-1)
Criticidade	Alta (3)	Média (2)	Baixa (1)
Reversibilidade	Irreversível (3)	Parcial (2)	Reversível (1)

Fonte: A Autora (2015).

O Quadro 5 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.

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 6.

Quadro 5 - 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		
							Fauna / Flora	Ar	Água		Solo
		Saúde	Qualidade de vida	Infraestrutura	Reciclagem	Características do produto final	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: Adaptado de Rocha (2005).

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

As atividades com resíduos menos impactantes, ou que permitem tratamento e destino com maior facilidade, são o corte laser, usinagem, montagem expedição e recebimento, seu somatório de impacto é destacado em verde.

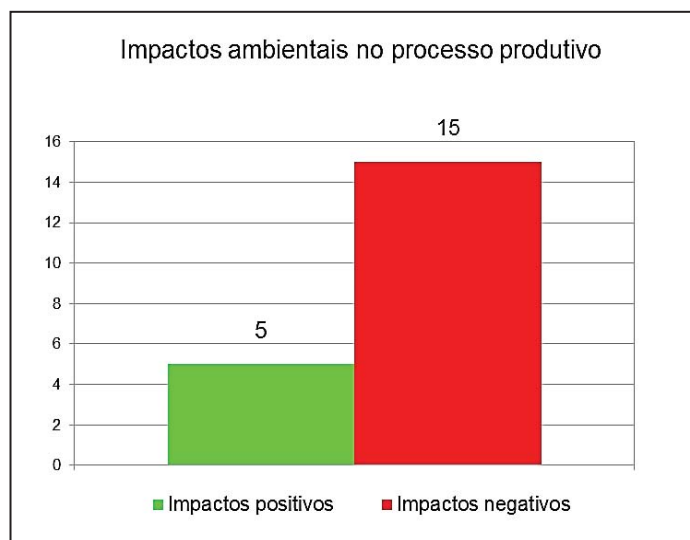
Quadro 6 - Classificação do nível de impacto por atividade.

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

Fonte: A Autora (2015).

A Figura 14 nos apresenta o gráfico com os impactos ambientais positivos e negativos que estão presentes nos processos produtivos da empresa analisada. Pode-se observar que os impactos negativos se apresentam em número consideravelmente mais elevado do que os impactos positivos.

Figura 14 - Impactos ambientais no processo produtivo.



Fonte: A Autora (2015).

Os impactos ditos como positivos são aqueles que facilmente são controlados, já os negativos, são aqueles, para os quais o tratamento ou destino do resíduo é mais complexo.

Ao analisar apenas os processos de pré-tratamento superficial, fosfatização e pintura, que apresentaram os impactos mais relevantes, não foi identificado nenhum impacto positivo, fato este que reforça a necessidade de ações nestes.

4.2 Verificação dos aspectos ambientais no processo de pré-tratamento superficial

A seguir no Quadro 7, pode-se verificar os produtos utilizados no processo atual de pré-tratamento superficial das peças de aço.

Quadro 7 - Insumos utilizados no banho de fosfato de zinco.

Produto	Nome Químico	Limite de Exposição	pH (solução 1%)	Toxicidade aguda
Desengraxante	Hidróxido de sódio	2 mg / m ³	~ 13,0	(dérmica):1350 mg/Kg
Desengraxante Líquido	Hidróxido de sódio	2 mg/m ³	> 12.5	-
Ativador de Fosfato	Dióxido de Titânio	10 mg/m ³	10,0 - 11,3	> 5000 mg/kg
Fosfato de Zinco	Ácido Fosfórico Óxido de Zinco Ácido Nítrico	1 mg/m ³ 2 mg/m ³ 2 ppm	-	(oral): 3783,6 mg/kg (dérmica): > 5000 mg/kg (inalação, 4h): > 20 mg/L
Acelerador de Fosfato	Nitreto de sódio	-	8,0 – 9,0	(oral): 209,90 mg/kg
Neutralizante para alcalinização	Corrosivo	2 mg/m ³	~13.0	-
Protetivo temporário contra corrosão	Trietanolamina Etanolamina Dietanolamina	5mg/m ³ 3 ppm 1 mg/ m ³	~ 9,0	(oral): > 5000 mg/kg (dérmica): > 5000 mg/kg (inalação, 4h): > 20 mg/L
Conversor de camada livre de fosfato	Ácido	-	3,8 a 5,5	-

Fonte: Fonte: A Autora (2015).

Em conjunto, os produtos utilizados no processo e as reações geradas, podem provocar impactos ambientais conforme descrito no Quadro 8:

Quadro 8 - Impactos ambientais e agentes causadores, no processo de pré-tratamento.

Impacto ambiental	Agente causador
Consumo de água	Substituição do banho e reposição por evaporação.
Descarte de água	Mudança do banho: efluentes carregados em DQO (demanda química de oxigênio), lodo e materiais em suspensão, produtos muito alcalinos.
Poluição do ar	Evaporação do banho.
Contaminação do solo	Acidente ou ruptura de canalização.
Rejeitos sólidos	Lodo com resíduos de metais (Fe, Zn,) depositados nos tanques.

Fonte: A Autora (2015).

Com a efetivação da alteração do processo de pré tratamento, 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 efluentes gerados por este processo são destinados para a Estação de Tratamento de Efluentes (ETE). Os efluentes líquidos são enviados para ETE desta indústria através do sistema de canalização subterrânea a uma profundidade que fica isenta de qualquer contato, evitando assim um possível dano a canalização, para um tanque onde estes resíduos ficam armazenados aguardando tratamento. Após realizada a atividade de reciclo a água fica armazenada no depósito.

Figura 15 - Estação de tratamento de efluentes.



Fonte: Fonte: A Autora (2015).

A estação de tratamento de efluentes é composta por quatro tanques de 5m x 4mx 1m, cada. Para cada 16.000 litros de efluentes tratados geram-se 0.8 metros de lodo. É realizado o tratamento 42.000 litros de efluente por mês. A capacidade inicial do tanque é de 18.000 litros de água, porém os últimos tanques tratados saturaram com 8.000, pois gradativamente a cada tratamento aumenta 0.8 metros de lodo consequentemente diminui a capacidade de água, mas a quantidade de produtos utilizados para o tratamento continua a mesma.

A empresa possui serviço terceirizado de empresa especializada em consultoria ambiental, gerenciamento de resíduos sólidos e efluentes líquidos industriais. A estação de tratamento é um circuito fechado onde acontece o tratamento e a recirculação da água para o processo produtivo.

O tratamento e recirculação dos efluentes são controlados através de registros em planilhas de controle que garantem a origem e o volume da água. O volume e a característica dos efluentes líquidos enviados para a Estação de Tratamento é controlada através do formulário de Controle do Envio de Efluentes Líquidos para ETE.

O Quadro 9 apresenta um ensaio realizado com amostra de efluente bruto coletado nesta estação. O ensaio foi realizado por empresa especializada, e as informações apresentadas foram retiradas de documentos da empresa analisada.

Quadro 9 - Ensaio em amostra de efluente bruto da Estação de Tratamento de Efluentes.

Parâmetro	Und.	2014	2015
Demanda Química de Oxigênio	mg/L	1546	893
Óleos e Graxas Mineral	mg/L	24	85
Sólidos Suspensos	mg/L	70	76
Sólidos Sedimentáveis	ml/L	0,6	0,1
Subs. Tenso-Ativas Reagem Azul de Metileno	mg/L	0,192	0,76
Temperatura da Amostra	°C	22	23,2
Teor de Ferro	mg/L	0,687	0,87

Fonte: Fonte: A Autora (2015).

Observa-se no Quadro 9, que o parâmetro de Demanda Química de Oxigênio teve expressiva redução de presença na amostra ensaiada no ano de 2015, indicando que grau de poluição da água analisada neste período é inferior ao do período de 2014. Já o aumento da presença de óleos e graxas minerais, sólidos suspensos e teor de Ferro, pode ser justificada pela alteração da matéria prima empregada no processo de fabricação de algumas das peças metálicas produzidas pela empresa.

4.3 Análise de investimento para implementação de um tratamento superficial com banho a base de fosfato de zinco comparado ao banho a base de nanocerâmicos

Fez-se um levantamento dos componentes e volumes necessários para implementar um processo de tratamento superficial, que antecede o processo de pintura, considerando os banhos à base de fosfato de zinco que é o processo atual, e o banho à base de nanocerâmicos que se sugere.

Os volumes dos tanques de banho foram definidos observando-se a produção média anual. A Tabela 1 apresenta os produtos necessários e estimativa de custos para implementação de um processo de imersão com fosfato de zinco.

Tabela 1 - Estimativa de custo dos produtos necessários para implementação de um processo de tratamento superficial a base de fosfato de zinco.

Processo atual - Fosfato de zinco						
Produto	Unid	Qtde	Custo Unitário	Custo Total (implementação)	Frequência de troca/ano	Custo/ano (R\$)
Desengraxante	kg	25	R\$ 11,37	R\$ 284,25	8,11	R\$ 2.305,27
Desengraxante	l	320	R\$ 3,97	R\$ 1.270,40	1,2	R\$ 1.524,48
Água Potável	l	8.000	R\$ 4,01	R\$ 32,08	52	R\$ 1.668,16
Refinador	kg	9	R\$ 16,14	R\$ 145,26	75	R\$ 10.894,50
Fosfato	kg	225	R\$ 7,86	R\$ 1.768,50	13	R\$ 22.990,50
Fosfato - Acelerador	l	8	R\$ 3,48	R\$ 27,84	42	R\$ 1.169,28
Fosfato - Neutralizador	l	2	R\$ 2,47	R\$ 4,94	42	R\$ 207,48
Passivador	l	12	R\$ 9,25	R\$ 111,00	75	R\$ 8.325,00
Total				R\$ 3.644,27		R\$ 49.084,67

Fonte: A Autora (2015).

A Tabela 2, apresenta a relação de custos dos produtos necessários para a implementação do tratamento nanocerâmico.

Tabela 2 - Produtos necessário para implementação do tratamento superficial com nanocerâmicos.

Processo de Banho Nanocerâmico						
Produto	Unid	Qtde	Custo Unitário	Custo Total (implementação)	Frequência de troca/ano	Custo/ano (R\$)
Desengraxante	Kg	25	R\$ 11,37	R\$ 284,25	8,11	R\$ 2.305,27
Desengraxante	Kg	320	R\$ 3,97	R\$ 1.270,40	1,2	R\$ 1.524,48
Água Potável	L	8.000	R\$ 4,01	R\$ 32,08	12	R\$ 384,96
Nanocerâmico Tectalis	Kg	320	R\$ 29,75	R\$ 9.520,00	1,4	R\$ 13.328,00
Aditivo Neutralizador	l	2	R\$ 12,70	R\$ 25,40	36	R\$ 914,40
Desoxidante	l	12	R\$ 19,30	R\$ 231,60	36	R\$ 8.337,60
Total				R\$ 11.363,73		R\$ 26.794,71

Fonte: A Autora (2015).

Ao se fazer a comparação do custo inicial dos produtos para ambos os processos, observa-se que o valor para o processo nanocerâmico é mais elevado, pois o custo por quilograma do nanocerâmico é superior ao do fosfato. No entanto, se for analisada a

estimativa de custo anual para manutenção dos banhos, o processo que utiliza nanocerâmico torna-se mais vantajoso, uma vez que a frequência de troca dos produtos é menor.

O processo atual de pré-tratamento das peças metálicas é realizado por imersão para as peças de dimensões menores, utilizando fosfato de zinco, e pode ainda ser realizado o banho por spray quando se tratarem de peças maiores. A estimativa de custo deste processo por peça produzida é em média de R\$0,16.

A estimativa de custo do processo de pré-tratamento por banho nanocerâmico por peça é de em média R\$0,84. Vale ressaltar que para ambos os custos médios, foram consideradas desde as menores, às maiores peças produzidas, ou seja, de peças que pesam 100g até peças que pesam 300kg. O custo médio por peça é mais expressivo para o tratamento nanocerâmico em relação ao banho de fosfato, no entanto, será possível uma redução de custo no tratamento de efluentes, entretanto ainda não se tem como estimar esta redução. As estimativas de custo por peça foram alcançadas considerando o custo dos insumos utilizados em cada uma das etapas dos processos de pré-tratamento, o valor de mão de obra, o valor dos gastos gerais de fabricação e a área de superfície a ser tratada.

Caso ocorra a opção de implementação do processo á base de nanocerâmico, deverão ser incluídos no processo de pré-tratamento, o processo de capagem, para remoção do oxido de corte, que há muito vem sendo exigência dos principais clientes. Acréscimo de três tanques em inox, pois este processo apresenta três etapas a mais que o atual. E, utilização de água deionizada, para aumentar a estabilidade do processo. Os tanques, talhas, bombas e demais equipamentos já utilizados no processo atual poderão ser aproveitados.

Estas alterações apresentam um custo projetado, de aproximadamente R\$1.000.000,00. Tanto para o custo de tratamento unitário das peças, quanto para o custo de investimento, os valores não serão apresentados de forma detalhada por questões políticas da empresa.

Na condição de alteração do processo de pré tratamento será necessário a aquisição dos seguintes itens:

- Condutivímetro: instrumento que mede a quantidade de íons dissolvidos na solução. Fornece o grau de concentração.
- Peagâmetro: aparelho usado para medição de pH. Constituído basicamente por um eletrodo e um circuito potenciômetro. O aparelho é calibrado (ajustado) de acordo com os valores referenciado em cada solução de calibração. Necessita-se de um Peagâmetro de laboratório, e outro portátil digital.
- Kit para análises diárias do banho.

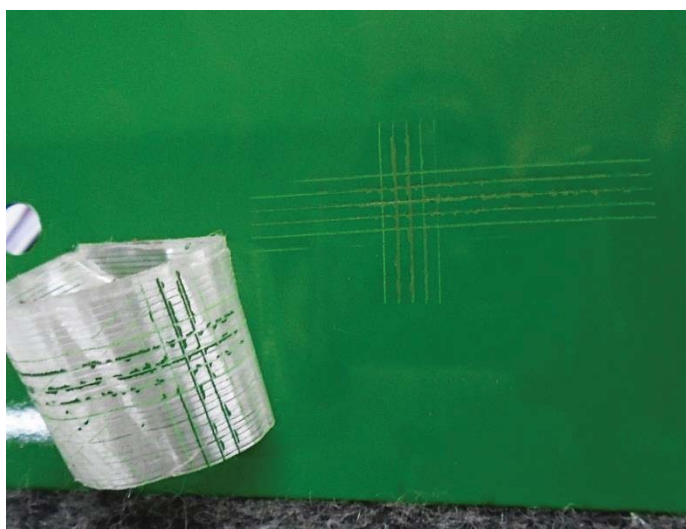
Estima-se um investimento de aproximadamente R\$300.000,00 com a aquisição destes itens e equipamentos para fins de facilitar o controle do processo.

O investimento total para alteração do processo de pré-tratamento seria de R\$1.300.000,00. Se considerada a diferença de custo de manutenção anual de produtos entre os dois processos, tem-se um valor de R\$ 22.289,96 o que nos leva a um tempo de retorno de aproximadamente 58 anos e pode parecer inicialmente inviável, entretanto, este período será reduzido se considerado o aumento de faturamento da indústria em virtude da alteração deste processo. Os dois maiores clientes, que representam 70% do faturamento da empresa não estão promovendo acordos para novos fornecimentos com empresas que não dispõem de etapas de remoção de óxido de corte, e que utilizam metais tóxicos em seu processo de tratamento superficial. Estas exigências estão normalizadas pelos clientes e formalizadas via contrato.

4.4 Teste de aderência da tinta na superfície tratada com ambos os pré-tratamentos

O teste de aderência teve o objetivo de verificar a adesão da tinta na chapa de aço com cada um dos pré-tratamentos realizados. Os corpos de prova com ambos os tratamentos superficiais apresentaram grau 2 de acordo com a norma (NBR 11003, 2009), o que demonstra que, caso seja implementada a alteração do processo de tratamento, a qualidade das peças no que tange a aderência da tinta no metal, não será afetada.

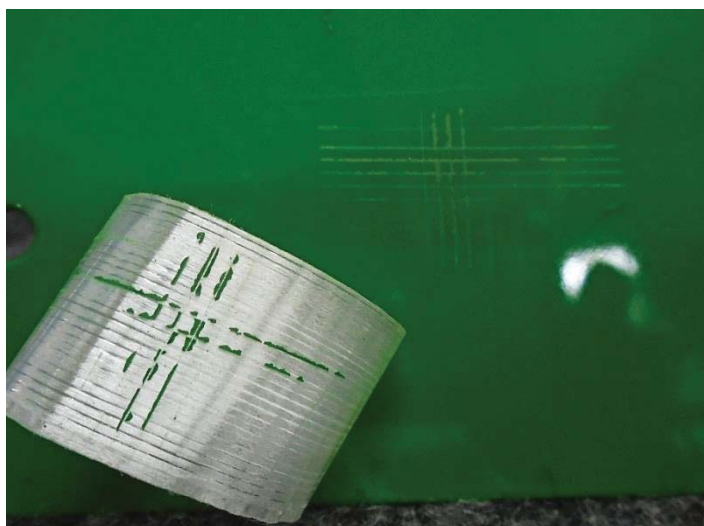
Figura 16 - Aspecto do corpo de prova tratado com fosfato de zinco e com pintura líquida, após o teste de aderência.



Fonte: A Autora (2015).

A Figura 16 apresenta o aspecto do corpo de prova tratado com fosfato de zinco, enquanto que a Figura 17 apresenta o resultado deste teste para a amostra tratada com nanocerâmico.

Figura 17 - Aspecto do corpo de prova tratado com nanocerâmico e com pintura líquida, após o teste de aderência.



Fonte: A Autora (2015).

4.5 Considerações finais

Para os autores Bossardi (2007); Droniou (2005); Martins (2008); Soares (2011), nos quais se baseou a elaboração do Quadro 1 apresentado anteriormente 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. Uma vez que o teste de aderência apresentou resultado semelhante para amostras tratadas com ambos os processos de pré-tratamento, a empresa não considerou necessária a realização de outro teste para verificação da qualidade superficial das amostras, pois o principal motivador da avaliação para substituição do processo, é a redução de efluentes gerados, bem como de seu grau de contaminação através da não utilização de metais tóxicos, de acordo com o objetivo do estudo. A qualidade superficial das peças com tratamento de fosfato de zinco atende aos requisitos de clientes e aos padrões da empresa, deste modo, o processo sugerido, a base de nanocerâmico, não necessita apresentar desempenho superior quanto à aderência da tinta na superfície tratada.

Para finalizar esta análise, apresenta-se ainda o Quadro 10, que faz a comparação entre os processos de tratamento à base de fosfato de zinco, e a base de nanocerâmicos, levando em consideração a condição de implementação na indústria onde foi realizado o estudo.

Quadro 10 - 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: A Autora (2015).

Observando a o Quadro 10 , podem-se fazer algumas considerações com relação ao que se apresenta. 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. Quanto aos custos para implementação e manutenção de cada um dos processos fez-se as considerações relativas, no item 4.3.

Por meio desta comparação, seria possível, justificar a substituição do banho de fosfato de zinco por banho nanocerâmico, mesmo este, apresentando um custo mais elevado.

5 CONCLUSÕES

Por meio da realização deste estudo foi possível identificar os aspectos ambientais presentes nos processos produtivos da empresa analisada, bem como os impactos que estes podem causar ao meio ambiente, e identificou-se o processo de tratamento de superfície como sendo um dos processos com maior presença de aspectos ambientais, conforme já era esperado. Identificou-se que o custo de implementação do banho nanocerâmico é mais elevado, no entanto o custo anual de manutenção deste é R\$ 22.289,96 menor que o de fosfato de zinco. 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 norma de cliente.

Por meio do teste de aderência pode-se constatar que a alteração do 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 norma (NBR 11003, 2009), atendendo os requisitos de cliente e para peças agrícolas. Além do teste, pode-se apresentar também em forma de quadro, 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.

Por fim conclui-se que 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, não há presença de metais tóxicos na composição do banho, e pode ser um diferencial em relação aos concorrentes, pois vai de encontro aos requisitos ambientais dos clientes com maior representatividade no faturamento.

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

- a) Fazer melhor aproveitamento das chapas de aço no processo de corte, para reduzir sucata;
- b) Substituir o processo de pintura líquida por pintura a pó, para redução do volume de resíduos sólidos e dos efluentes;
- c) Correta separação e destino de resíduos sólidos e materiais recicláveis;

d) 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;
- Consumo de matéria prima por retrabalho de peças.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, M. (2000). *Guia sobre proteção anticorrosiva na indústria automobilística*. Protap.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2009). NBR 11003. *Determinação de aderência*. Rio de Janeiro: ABNT.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. (2015). NBR ISO 14001. *Sistemas de gestão ambiental — Requisitos com orientações para uso*. Rio de Janeiro: ABNT.

BARROS, A. J., & LEHFELD, N. A. (1989). *Fundamentos de metodologia científica* (Vol. 2). São Paulo: McGraw-Hill.

BOSSARDI, K. (2007). *Nanotecnologia aplicada a tratamentos superficiais para o aço carbono 1020 como alternativa ao fosfato de zinco*. Dissertação [Mestrado em Engenharia de Minas, Metalúrgica e Materiais] Escola de Engenharia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre.

BRASIL. (2010). *Lei 12305/2010 - Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos*. Acesso em 17 de 05 de 2015, disponível em http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm

BURNS, R. M., & BRADLEY, W. W. (1959). *Protective coatings for metals*. Nova York: Reinhold Publishing Corp.

CENTRO NACIONAL DE TECNOLOGIAS LIMPAS . (2015). *Implementação de programas de produção mais limpa*. Acesso em 18 de Abril de 2015, disponível em http://srvprod.sistemafiergs.org.br/portal/page/portal/sfiergs_senai_uos/senairs_uo697/proximos_cursos/implementa%E7%E3o%20PmaisL.pdf

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.

COSTA, M.V.; CHAVES, P.S.V. & OLIVEIRA, F.C. Uso das técnicas de avaliação de impacto ambiental em estudos realizados no Ceará. In: XXVIII Congresso Brasileiro de Ciências da Comunicação, Anais INTERCON, Rio de Janeiro, 2005.

D'AVIGNON, A. Normas Ambientais ISO 14000. CNI Rio de Janeiro, 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.

GALI, E.L.; POTVIN, R.J.A. *Corrosion Science*, 2, 1982.

HJERESSEN D. L. *et al.* Green Chemistry: Environment, Economics, and Competitiveness. *Corporate Environmental Strategy*, v.9, n.3, p. 259-266, 2002.

IJÄS, A.; KUITUNEN, M.T. & JALAVA, K. Developing the RIAM method (rapid impact assessment matrix) in the context of impact significance assessment. *Environmental Impact Assessment Review* Vol. 30, p. 82–89, 2010.

LAWRENCE D.P. Impact significance determination - back to basics. *Environ Impact Asses Rev*, Vol.27, p. 755–69, 2007.

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

MARTINS, P. “Nanotecnologia e meio ambiente para uma sociedade sustentável”. *Centro de Investigación em Alimentación y Desarrollo, A.C.*, 2008.

MAVROULIDOU, M.; HUGHES, S.J. & HELLAWELL, E.E. Developing the interaction matrix technique as a tool assessing the impact of traffic on air quality. *Journal of Environmental Management*, Vol.84, p. 513–522, 2007.

MELO, C. P. & PIMENTA, M. (2004). “Nanociências e nanotecnologia”. *Parcerias Estratégicas – Número 18 – Agosto/2004*. Disponível em: <<http://www.quimicaderivados.com.br/revista/qd473/superficie02.html>>. Acesso em: 18 abr. 2015.

MOTA, Suetônio. *Introdução à engenharia ambiental*. 3. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2003.

NANOTECNOLOGIA. Instituto de inovação. Disponível em: <http://www.institutoinovacao.com.br/downloads/inovacao_set05.pdf>. Acesso em: 18 abr. 2015.

NORDLIENA, J.H., et al. Formation of a zirconium-titanium based conversion layer on AA 6060 aluminium. *Surface and Coatings Technology*. 153, 2002.

OECD. “The Impacts of Nanotechnology on Companies – Policy Insights from Case Studies”. OECD Publishing, 2010.

PETSCHER, M. Pollution Prevention and Conversion Coating in the Automobile Industry. *Metal Finishing*. 26-29. Setembro, 1996.

RAKIEWICZ, Ed. Environmentally-Friendly Conversion Coating Based on Zirconium Oxide. 2008.

SANKARA NARAYANAN, T.S.N. Performance Evaluation of Phosphating Formulations in Continuous Operation. *Metal Finishing*. 40-43. Setembro, 1996.

SERBER, SERGIO LUIZ. Proposta de implantação e certificação de um sistema de gestão ambiental: estudo de caso de indústria metal-mecânica. 2009. 181 f. Dissertação [Programa de Pós-graduação em Engenharia Ambiental] - Universidade do Estado do Rio de Janeiro, 2009.

SOARES, João Paulo. A nanotecnologia e os impactos ambientais. 2011. Disponível em: <<http://www.ufmt.br/gpea/pub/jpsoares-nano.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2015.

SOUZA, R. R. Fatores de formação e desenvolvimento das estratégias ambientais nas empresas. Tese [Doutorado em Administração]. Programa de Pós-Graduação em Administração, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2003.

TESTA, A. Camadas de conversão nanocerâmicas. *Tratamento de Superfície*, n 130: v.25, p. 38-45, 2005.

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

WEG INDÚSTRIAS S/A – QUÍMICA. (2005). *Pintura industrial em pó: DT 13*. Santa Catarina.

APÊNDICE

APÊNDICE A - FORMULÁRIO PARA ENTREVISTA INFORMAL COM OS OPERADORES

- 1 – Qual é o processo que executa nesta indústria?
- 2 - Você tem conhecimento de todas as matérias primas e insumos utilizados no processo que executa?
- 3 – O processo que executa gera resíduo? () Sólido () Líquido
- 4 – O resíduo é passível de reciclagem?
- 5 – De que maneira é realizado o tratamento ou descarte deste resíduo?
- 6 – Você tem conhecimento dos impactos ambientais decorrentes do tratamento incorreto deste resíduo?