

Eixo Temático: Inovação e Sustentabilidade em Diferentes Setores

**GESTÃO AMBIENTAL NA INDÚSTRIA METALÚRGICA: OS IMPACTOS DOS
PROCESSOS DE PINTURA**

**ENVIRONMENTAL MANAGEMENT IN THE METALLURGICAL INDUSTRY:
THE IMPACTS OF THE PAINTING PROCESS**

Priscila Cembranel, Luis Felipe Dias Lopes, Adriane Fabricio, Ana Maria Fabricio, Elisangela
Pinheiro

RESUMO

O presente trabalho aborda os impactos ambientais dos processos de pintura industrial com tinta líquida e tinta pó. Para tanto, a metodologia utilizada foi a pesquisa bibliográfica, documental, estudo de caso e verificação “in loco” em uma empresa metalúrgica de médio porte, objetivando avaliar os impactos ambientais do processo de pintura pó e pintura líquida através de um comparativo entre ambas e verificando as formas como estes processos contaminam o meio ambiente. Através da análise microbiológica de resíduos dos processos de pintura com tinta líquida e pó foi possível perceber que em termos de impactos ambientais os processos que se utilizam das tintas líquidas são os principais responsáveis pelos danos ao meio ambiente.

Palavras Chave: Pintura industrial; tinta pó, tinta líquida; impactos ambientais.

ABSTRACT

This paper discusses the environmental impacts of industrial painting processes with liquid ink and ink powder. For this purpose, the methodology used was literature research, document, case study and verification "in situ" in a medium-sized steel company, to evaluate the environmental impacts of painting powder and liquid paint through a comparison between them and checking the ways in which these processes contaminate the environment. Through the analysis of microbiological processes of waste paint with wet paint and powder it was revealed that in terms of environmental processes that use of liquid inks are primarily responsible for damage to the environment.

Keywords: industrial painting, paint powder, liquid ink; environmental impacts.

1 Introdução

Após o início do processo de desenvolvimento industrial, foi possível verificar uma forte influência das organizações e da sociedade nos impactos ambientais do planeta. Até a década de 60 a preocupação ambiental não fazia parte da rotina das empresas. Após a conferência de Estocolmo, as legislações ambientais dos países, estados e municípios e as normas ambientais internacionais passam a exigir das empresas uma postura mais rigorosa em relação ao meio ambiente.

Para atender os requisitos das normas e da legislação, as empresas precisam realizar investimentos em mão-de-obra especializada, tecnologia, projetos dentre outros e passam a adotar no sistema de gestão o SGA (Sistema de Gestão ambiental).

O relacionamento entre empresas e os órgãos governamentais responsáveis pelo licenciamento e com as instituições certificadoras torna-se importante nas questões relacionadas com os requisitos ambientais, pois facilita o acesso às informações e a agilidade nos processos.

Dessa forma, o objetivo deste trabalho é avaliar a postura adotada pelas empresas nas questões relacionadas ao meio ambiente, analisar as dificuldades e barreiras que interferem num melhor desempenho ambiental por parte das organizações e as justificativas que motivam as empresas a realizarem investimentos em proteção ambiental.

Contudo a metalúrgica em questão não fica atrás, busca novas tecnologias visando diminuir de forma significativa qualquer agressão que possa ocorrer com o meio ambiente.

2 Material e métodos

Esta pesquisa caracteriza-se por ser um estudo de caso em uma metalúrgica de médio porte, localizada na região norte do estado do Rio Grande do Sul. Em função de que o objetivo deste trabalho é avaliar os impactos ambientais do processo de pintura pó e pintura líquida, num comparativo entre ambas, verificando qual processo é mais contaminante em relação a sua aplicação e tratamento, busca-se saber quais são os impactos ambientais gerados pelos processos que envolvem tinta líquida e tinta pó a fim de apontar qual destes é mais poluente.

Também caracteriza-se por ser uma pesquisa bibliográfica através da verificação de informações pré-existentes e pertinentes ao assunto, a pesquisa documental realizada através do contato com as organizações fabricantes da Tinta Líquida e da Tinta Pó para levantamento das práticas de utilização e a verificação “in loco” realizada através de visitas técnicas.

3 Discussões Preliminares

A geração de resíduos é comum a todas as atividades industriais. O ramo metal mecânico é um dos principais poluentes de rios, solo e até mesmo da atmosfera devido a sua utilização de artefatos de ferro (HINZ; VALENTINA e FRANCO, 2006). Barbosa e Pinto (2008) salientam que o processo de produção e desenvolvimento industrial metal mecânico foi impulsionado pela redução da intervenção governamental na década de oitenta através da inserção de recursos financeiros. Nos anos noventa quando o desenvolvimento das indústrias de peças começou a se estabilizar foi possível perceber que a maioria das empresas desse setor produz peças que serviriam em algum momento para as grandes montadoras de maquinário agrícola.

A produção eficaz e a minimização da poluição advinda desta é um desafio inerente às estratégias de produção mais limpa, cujo objetivo principal é evitar a geração de resíduos e emissões, a partir de um enfoque preventivo. As mudanças ainda são lentas na diminuição do potencial poluidor do parque industrial brasileiro, principalmente no tocante às indústrias mais antigas, que continuam contribuindo com a maior parcela da carga poluidora. (NASCIMENTO e MOTHÉ, 2007, p. 36).

No caso da empresa em estudo o fornecimento de suas peças acompanha o pico de montagem de máquinas e implementos agrícolas de seus clientes (grandes montadoras). As peças relativas as colheitadeiras tem aumento de produtividade nos meses de janeiro a abril (sendo que nos meses de maio a agosto verifica-se a baixa produtividade). Para a produção de tratores ocorre o inverso, nos meses de janeiro a abril verifica-se a baixa produtividade aumentando nos meses de maio a agosto fechando a produção/ano com aproximadamente 2.274.726 componentes com oscilações normais de mercado.

Tratamento de resíduos é todo ou qualquer processo que altere as características, propriedades residuais ou composição de determinado produto considerado prejudicial para a natureza de modo a diminuir o impacto deste quando em contato com o meio ambiente. (LORA, 2000). De acordo com Kozak (2008), o desenvolvimento de políticas ambientais traz à sociedade a necessidade de desenvolver processos produtivos eficientes capazes de reduzir as perdas de matérias e equipamentos em ambientes menos agressivos. No caso do processo de pintura, além dos resíduos líquidos causadores de poluição e contaminação ambiental, o processo de pintura apresenta compostos orgânicos voláteis (VOC) advindos principalmente do ambiente industrial. (GUO, 2003).

Segundo a NBR 12235, a contenção temporária de resíduos industriais deve ser realizada em área autorizada pelo órgão de controle ambiental a espera de reciclagem, tratamento ou disposição final adequada. É pertinente que o acondicionamento seja realizado em contêineres, tambores, tanques ou a granel considerando suas propriedades e sua periculosidade. Acredita-se que pelo menos cinco por cento das organizações busquem a preservação ambiental prevenindo os impactos em seus processos produtivos, matérias-primas e componente utilizados pela geração e disposição de seus resíduos. (NAHUZ, 2005). No caso da empresa em estudo, todos os resíduos gerados no processo de Pintura Líquida são armazenados nas dependências da própria empresa em galões que posteriormente são coletados por uma organização sub-contratada para o recolhimento e tratamento dos resíduos.

4 Processos de Pintura com Tinta Pó

Para Villas (2006), a pintura industrial é um processo simples de proteção anticorrosiva capaz de melhorar a aparência das superfícies. Este se torna importante devido a exposição das peças as ações cotidianas (vento, poluentes, clima e até produtos que se depositam sobre a pintura). Os processos de pintura utilizados por uma organização devem buscar a satisfação de seus clientes. Dentre os diversos procedimentos de pintura, o processo de Pintura Pó e Pintura Líquida surgem como padrões nas indústrias metal mecânica. A empresa analisada tem como fornecedores de materias de pintura para equipamentos agrícolas os principais empresas da área, tais como, WEG, VALSPAR, SherWin Willians e DU PONT.

A Tinta Pó é sólida e pode ser caracterizada pela ausência de solventes, baixo riscos de incêndio, redução nos prêmios de seguro, tinta pronta para usp. Baixo índice de rejeição, melhor qualidade no acabamento possibilitando a aplicação de uma só mão de tinta pondendo ser considerada um processo ecológico, pois não geram poluentes. Além da resistência química e mecânica é de fácil aplicação através do meio eletrostático. São observadas também, algumas dificuldades no processo de pintura industrial já que a troca de cor é um

processo mais lento e as tintas não podem ser misturadas, existem dificuldades também, na obtenção de camadas mais finas. (WEG, 2008).

As tintas em pó surgiram nos Estados Unidos no final da década de 1950. Eram utilizadas como isolantes elétricos e revestimentos anticorrosivos. Sua aplicação era feita através de pistolas que com o tempo tornaram-se mais leves viabilizando o processo. Em termos de viabilidade, a pintura em pó é considerada mais econômica que a pintura líquida, devido a possibilidade de reaproveitamento do pó. Devem sempre ser analisados os aspectos relativos aos custos de investimento, tecnologias utilizadas, qualidade da matéria-prima e segurança na aplicabilidade. (WEG, 2008). Para França e Alziati (2008), “a forte expansão do uso das tintas em pó foi motivada pelo seu excelente desempenho, baixo custo, baixo consumo de energia e especialmente por sua relação amigável ao meio ambiente”.

Reduzir, reciclar e reutilizar além de benefícios ambientais podem proporcionar maior economia para qualquer organização. Acredita-se que com o tempo a coleta de resíduos tornar-se-á mais cara, logo quanto menos resíduos menores serão os custos. (SILVA, 2004; TONDOWSKI, 1998). A pintura com tinta em pó oferece muitas vantagens. O pó não utilizado pode ser coletado e reciclado não necessitando o uso de solventes e por isso reduzindo os erros com diluição, também reduz consideravelmente os riscos de incêndio (devido a ausência de solventes). (WEG, 2008).

Sua aplicação pode ser feita através do meio eletrostático oferecendo resistência química e mecânica em comparação a tinta líquida. Indica-se a aplicabilidade da mesma em camadas de 30-500 μm (microns) para maior durabilidade e resistência a abrasão. (WEG, 2008). A restrição de uso é relativa à dificuldade de padronização e cor, à demanda de uma camada mais alta em peças dobradas devido à necessidade de maior atração eletrostática e na dificuldade na troca de cor durante a aplicação. Para Villas e Mainier (2005) a proteção anticorrosiva é baseada na preparação da chapa seguida da fosfatização, da eletroforese e do *primer*. Já a aparência deve basear-se nas tintas de acabamento que devem proteger contra o desgaste e o intemperismo.

De acordo com Campo e Lamas (2011), no caso da pintura em pó, os impactos de maior significância estão relacionados à geração de resíduos a equipamentos de proteção individual (EPI) usados e diante da possibilidade de vazamentos de produtos químicos, alguma ação corretiva e preventiva diminuindo, assim, o perigo de causar algum impacto ambiental, e contribuindo significativamente para a segurança dos funcionários.

Em termos de emissões de cura, a pintura a pó gera suas próprias emissões, baseadas nos componentes da tinta, tal como na pintura líquida. Porém, as quantidades geradas no pó são consideravelmente menores. A pintura a pó ainda tem a vantagem de não gerar a borra de tinta, um subproduto da pintura líquida que precisa ser reciclado ou coprocessado. (MONDARDO FILHO e FRANK, 2000).

São três as principais formas de aplicabilidade de tinta em pó: leito fluidizado, leito fluidizado eletrostático e a pulverização eletrostática. O leito fluidizado faz com que o pó fique suspenso em um recipiente com uma placa porosa e comporte-se como se fosse um fluido. O objeto a ser pintado é pré-aquecido e imerso no pó fluidizado que adere a superfície. Às vezes a aplicabilidade de um *primer* é necessária para melhorar a aderência da tinta na peça. O leito fluidizado eletrostático é uma evolução do processo anterior. A partícula em pó precisa ser menor em relação a do processo anterior. A placa porosa conta com a instalação de eletrodos e quando o pó entra em contato com estes é carregado eletrostaticamente e atraído pelo objeto suspenso no leito fluidizado e aterrado. Por último, a pulverização eletrostática, feita com pistola de pulverização onde o pó seco é fluidizado e transportado para a pistola através de ar comprimido sendo carregado eletrostaticamente e transferido através do fluxo de ar que se

move até o objeto a ser pintado seguindo as linhas do campo elétrico formado entre o objeto e a ponta da pistola. O carregamento das pistolas eletrostáticas pode ser feito por ionização (carregado eletricamente o pó é atraído pelo objeto) e por atrito (campo elétrico fica entre a pistola e o objeto, já que o ar não é ionizado, sendo ótimo para pintura de cavidades). (FAZANO, 1995).

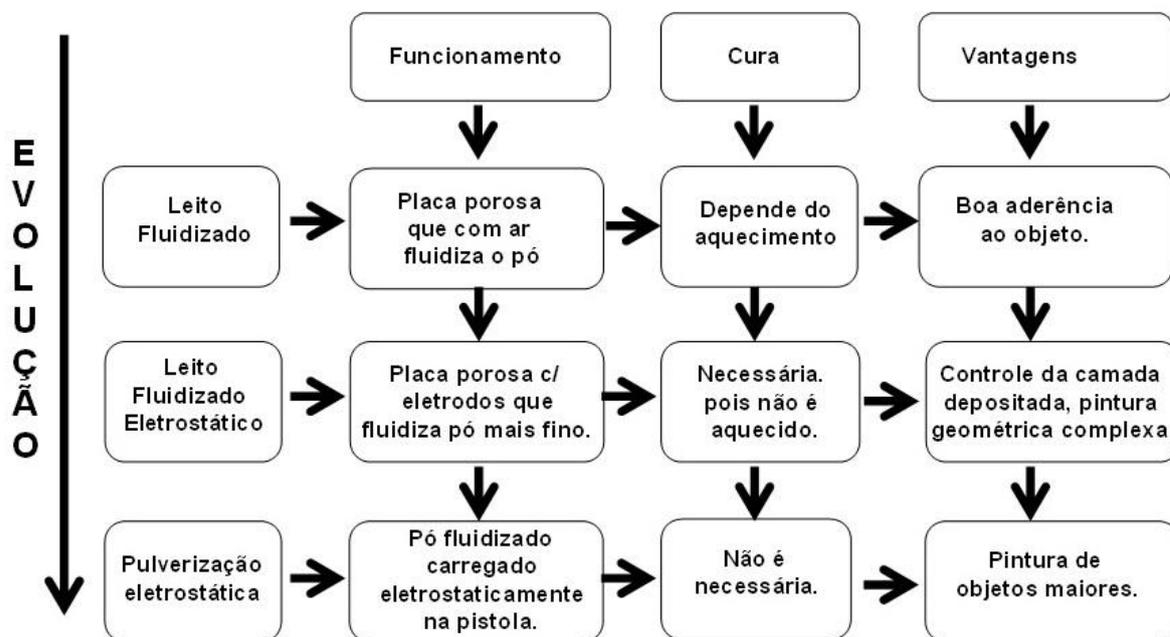


Figura 01 - Sistema evolutivo das formas de aplicação de tinta pó.
Fonte: adaptado de Valspar, 2008.

Quando aplicado eletrostaticamente e curado em estufa, o processo produz um acabamento durável e de alta tenacidade, com o mínimo impacto sobre o meio ambiente. Desde que foram lançados no mercado, os revestimentos a pó têm tido um crescimento expressivo no segmento industrial mundial, proporcionando uma economia na sua aplicação atrelada a sua adequação ao meio ambiente. (INTERCOLOR, 2005). Para Campo e Lamas (2011), como os resíduos sólidos oriundos do processo de pintura são perigosos, é importante o desenvolvimento de novas medidas de controle, baseadas no princípio da tecnologia limpa para minimizar os impactos.

Segundo Gentil (2003), as tintas em geral são constituídas de veículo fixo, pigmentos, solventes ou veículo volátil e aditivos, entretanto sabe-se que as tintas em pó não contém solventes e diluentes. Conforme o *site* da empresa Tiger Drylac “as tintas em pó são livres de solventes e compostas basicamente de resina (epóxi, híbrida ou poliéster), pigmentos, aditivos e cargas funcionais”. Já Valspar (2008), a tinta pó é constituída por resina (62%) que é o veículo que delimita a performance básica do rendimento, pigmento (35%) que define a cobertura, as cores e os efeitos, tais como o metálico e o martelado, o agente de cura (1%) que reage com a resina para a formação de um filme contínuo e protetor e os aditivos (1,5%) que são utilizados na melhoria da performance e dos efeitos do filme, tais como os acabamentos texturizados, granulados, fluidez e nivelamento. Também são encontrados nas composições os agentes de alastramento (0,5%) entre outros que perfazem o restante da formulação.

Para Adamiak (2008), existem muitas variáveis que afetam o processo de pintura eletrostática, tais como as propriedades da tinta, forma-alvo, distância da aplicação, a taxa de fluxo de tinta, velocidade, taxa de fluxo de ar e formação de tensão elétrica.

Existem também outros equipamentos utilizados neste processo para efetuar a aplicação da tinta como, por exemplo: compressor de ar, gerador de alta voltagem, pistola para aplicação (manual ou automática), cabine de pintura, sistema de recuperação do pó, peneira para limpeza do pó, estufa para cura do produto/componente revestido. (WEG, 2008).

5 Processo de Pintura com Tinta Líquida

Para Nunes (1990), a pintura líquida pode ser definida como toda composição capaz de formar uma película aderente a superfície metálica que sofre endurecimento formando um revestimento sólido protegendo os materiais contra a corrosão. O processo de Pintura Líquida requer algumas técnicas de preparo antes da aplicação. A tinta deve ser misturada com o solvente sendo que a peça deve ser preparada com uma primeira camada fina que é o *primer*. O *primer* também é dissolvido com solvente, assim como a própria tinta (acabamento sintético) podendo ser considerado um revestimento protetor aplicado em superfícies metálicas. (VILLAS, 2006). Após a secagem do *primer*, o acabamento sintético pode ser aplicado, em seguida a peça pode ser colocada para secar, tanto fora como na estufa.

As tintas líquidas são compostas pelo veículo fixo, solventes, pigmentos e aditivos. O veículo fixo ou resina é o responsável pelo aglomeramento de partículas de pigmento formando a película. Os solventes auxiliam e solubilizam a resina controlando a viscosidade da tinta na sua aplicação. Já os pigmentos, insolúveis no veículo fixo, são responsáveis pela proteção anticorrosiva, pela cor, opacidade, impermeabilidade e melhoria das características físicas da película. Os aditivos, em pequenas concentrações, conferem determinadas características às tintas. (VILLAS, 2006).

Segundo Hammond (2003) o uso de tintas líquidas é uma tecnologia já conhecida. Nos primórdios, a tinta líquida era feita de líquidos advindos das, com o tempo experiências com carbonato de cálcio e oxidação de ferro criaram novas cores que faziam sucesso entre os artistas (GETTENS e SOUT, 1966). Com o desenvolvimento da indústria química o mercado passou a dispor de pigmentos cada dia mais diferenciados (ROBBINS, 1997).

Tecnicamente, as tintas líquidas facilitam a obtenção de camadas mais finas, em relação a tinta em pó possibilitando também uma troca mais rápida de cores. Podendo ser aplicada através de métodos diferenciados, dentre eles: a trincha, o rolo, pistola convencional, linha de ar comprimido, compressor de ar, pistola *airless*, pintura eletrostática, imersão entre outros. (WEG, 2008).

A maioria das indústrias empregam solventes em algum de seus processos de fabricação. Na indústria de tintas são usualmente aplicados como diluentes de tolueno, acetatos, entre outros. A exposição ocorre normalmente durante a utilização e manipulação devido a sua alta volatilidade, sem falar nos riscos de incêndio. (BASTOS, 1988). Em relação a saúde dos aplicadores, sabe-se que a tinta em pó não necessita da zona de evaporação de solventes como as tintas líquidas, a utilização de máscara durante a manipulação do produto evita a inalação do pó, do mesmo modo em caso de contato com a pele o pó é facilmente removido quando lavado com água. Do mesmo modo, a limpeza das cabines de pintura não necessitam a utilização de solventes de limpeza evitando a possibilidade de contaminação. (WEG, 2008). Em benefício a saúde dos colaboradores pode ser utilizado também um sistema de Ventilação Local Exaustora (VLE), voltado para a captação de resíduos garantindo a qualidade do processo de pintura. (SCHIRMER; CÔRTEZ e KOZAK, 2008).

O processo de pintura industrial com tintas líquidas é altamente dependente de petróleo. Para Branco et al. (2000), independente do combustível orgânico utilizado o resultado final da combustão sempre será o dióxido de carbono (CO₂) e vapores de água. Sabe-se também que o monóxido de carbono um resíduo secundário do uso de petróleo é juntamente com o dióxido de carbono absolutamente tóxico para o meio ambiente.

Pode-se salientar também o alto custo da tinta líquida, o aumento do custo operacional e a necessidade de preparação. Para Costa e Costa (2002), os diferentes graus de confinamento dos ambientes, a composição das tintas, o manuseio com diluentes orgânicos e os meios de aplicação das tintas influenciam a emissão e a dispersão dos vapores orgânicos em todo o ambiente de trabalho, expondo os colaboradores durante a atividade de pintura. Deve ser observado também o aumento dos riscos de incêndio, o alto índice de rejeição das peças necessitando a utilização do *primer* gerando graves efluentes como o solvente e as borras de tinta. Conforme Schneider et al. (2003), verifica-se serem os resíduos do setor de pintura os responsáveis pelos maiores problemas de gerenciamento e descarte industrial, levando muitas empresas a eliminar ou diminuir os processos de pintura em suas linhas de produção. Para Potrich; Teixeira e Finotti (2007), o processo de pintura e a geração de resíduos deste processo são de fato os impactos de maior significância mesmo com as medidas de controle, sendo grande parte destes resíduos perigosos.

Para Pessin; Scalabrin Júnior e Rigoti (2008), os processos de pintura geram embalagens de solvente e tintas que impactam diretamente no solo e na água, emitem compostos voláteis que trazem contaminação atmosférica e geram efluentes advindos dos processos de limpeza de equipamentos realizados com solventes e tintas poluindo e contaminando a água.

É de fundamental importância que as organizações tratem os efluentes líquidos resultantes do processo de pintura industrial. Para Corá e Corá (2007), tecnologias inéditas no Brasil, como a purificação da água através de colônias de bactérias foi uma das estratégias do Grupo Fiat. Os efluentes industriais são enviados à estação de tratamento recebendo injeções de ar ambiente num processo denominado oxigenação. As bactérias se desenvolvem na areia e são estimuladas através de oxigênio para, após digerirem a matéria orgânica presente nos efluentes. Esta água ainda passa por filtros para garantir a pureza da água após o processo.

Os levantamentos de dados devem abranger a origem dos resíduos do processo estabelecendo também o fluxo de materiais. É imprescindível verificar onde o resíduo é gerado identificando os mais impactantes e determinando fraquezas e deficiências do processo produtivo. Outro aspecto importante compreende o estabelecimento das prioridades para a medição e minimização de futuros resíduos e emissores. (CAMPOS e LAMAS, 2011).

Kozak et al. (2008), salienta que as borras de tinta dos processos produtivos precisam ser coletadas, tratadas e destinadas a empresas especializadas neste tipo de resíduo. Os solventes orgânicos podem ser reutilizados na limpeza de equipamentos de pintura e somente após ser exaurido pode ser recolhido por empresa terceirizada. As embalagens de tintas e solventes devem ser esvaziadas e jamais reutilizadas devido aos riscos oferecidos ao meio ambiente.

O ideal é a redução ou completa eliminação dos resíduos perigosos e isso é possível através da substituição de colas e tintas de base orgânica por outras à base de água. Para Freeman (1995) essa troca não altera a qualidade do produto final, mas aumenta os custos da produção. (KOZAK et al., 2008).

6 Testes - Análises Microbiológicas

De acordo com Mattos e Silva (2002), “as preocupações quanto aos níveis de qualidade, contaminação das águas e manutenção dos recursos hídricos assumem importância, à medida que a água é destinada ao consumo humano ou a transformação econômica”, devendo esta estar livre de microorganismos patogênicos e de substâncias químicas nocivas.

Para Andrade et al. (2005, p. 41), “um dos principais fatores associados à alteração da qualidade da água e a redução da eficiência dos processos de tratamento é a proliferação de microorganismos”. Os microorganismos aeróbios mesófilos têm sido contados por padrão em placas (P.C.A.). Essas bactérias são constituídas por espécies de *Enterobacteriaceae*, *Bacillus*, *Clostridium*, *Corynebacterium* e *Streptococcus* e sua presença em grande número indica níveis de contaminação excessiva. (Siqueira, 1995). Desse modo os métodos utilizados para a contagem de microrganismos Aeróbios Mesófilos da água utilizada na Pintura Líquida se deram através da coleta de duas amostras. A Amostra 1 compreende a água utilizada no processo proveniente de rede pública (água da torneira) que se compara com a Amostra 2 que compreende a água no final do processo de Pintura Líquida. A contagem baseou-se no método apresentado em Silva et al. (2007), que se utiliza do procedimento *SPREAD PLATE* (propagação na placa), considerado ideal para os testes em questão.

De acordo com Campo e Lamas (2011), WEG (2008), França e Alziati (2008) e Mordado Filho e Frank (2000) o processo de pintura pó não deixa resíduos, pois praticamente todo o pó resultante de um processo de pintura pode ser reutilizado (na empresa pesquisa mistura-se 30% (trinta por cento) das sobras de tinta na tinta nova que é repostas nas cabines de pintura). Já a pintura líquida é mais poluente, pois devido a formação da borra durante o processo de pintura (que ocorre atrás da mistura de água e a tinta da pintura) não há como esse resíduo ser encaminhado ao lixo comum e sim a uma empresa especializada. Posto isso, os testes foram realizados somente na água utilizada nos processos de pintura líquida.

Todos os materiais utilizados foram esterilizados (placas, pipetas, tubos de ensaio e o balão de Erlenmeyer) e a solução de água salina peptonada e o agar nutriente preparados. A semeadura foi realizada em 5 placas preparadas com o meio de cultura. Não foi utilizada semeadura em duplicata devido à insuficiência de materiais. Buscou-se respeitar os Padrões de Potabilidade de substâncias químicas que representam risco a saúde (Anexo I).

Para a diluição das amostras, fez-se necessária a diluição decimal seriada. Esta etapa utiliza-se de 25 mililitros do material a ser analisado (meio contaminado, neste caso a água residual do processo de pintura líquida) juntamente com 225 mililitros de solução de água salina peptonada. A água salina peptonada é utilizada para os ensaios quantitativos dos quais se reduz o número de microorganismos em cada unidade de volume permitindo assim, a contagem. A contagem é feita de modo decimal de 10^{-1} até 10^{-5} , para viabilizar os cálculos do resultado final, conforme ilustrado na Figura 1. De modo que, o volume dos frascos não apresente variação.

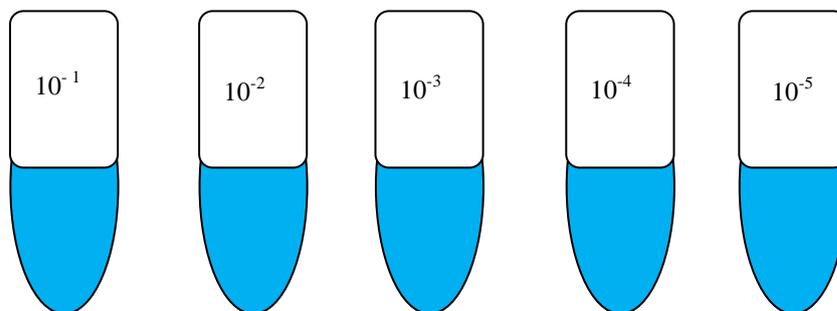


Figura 1 - Método utilizado para diluição das amostras.

A amostra 10^{-1} é considerada a primeira amostra. Esta é retirada do recipiente de diluição (que continha 25 mililitros de material analisado com os 225 mililitros de água salina peptonada) a partir de uma pipeta. Utilizando-se 1 mililitro da amostra 10^{-1} e colocando este na amostra 10^{-2} (segunda amostra) e assim sucessivamente até uma quinta amostra. Utilizou-se uma pipeta em cada processo para evitar a mistura das proporções com os demais diluentes nos tubos tanto para o processo de semeadura nas placas de nutrientes relativos a amostra 1 como para a amostra 2 e as seguintes.

A determinação de cloreto em águas é realizada com o objetivo de análise e comparabilidade com a legislação vigente da Secretaria da Saúde e do Meio Ambiente disposta na Portaria N° 05/89 – SSMA:

O SECRETÁRIO DA SAÚDE E DO MEIO AMBIENTE, no uso das atribuições que lhe confere o art. 59, da Lei Estadual n.º 23.430, de 22 de dezembro de 1972, combinado com os art. 841, do Dec. n.º 23.430, de 24 de dezembro de 1974 e 26, inciso II, da Lei n.º 7.488, de 14 de janeiro de 1981 e de acordo com o art. 15, da Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA n.º 20, de 18 de junho de 1986.

Para a realização do procedimento de análise de cloreto em águas utiliza-se como amostra 50 mililitros de água (utilizada no processo) proveniente da rede pública, onde adiciona-se 3 gotas de Fenolfatalina (concentração de 1%) e Ácido Sulfúrico 0,1 N gradativamente até ocorrer a viragem. Após esta etapa adiciona-se mais 2 mililitros de Peróxido de Hidrogênio (concentração de 3%), e agita-se a mistura, acrescentando em seguida mais 1 mililitro de Cromato de Potássio. Por último, para tutilar a água utiliza-se Nitrato de Prata 0,01 N até ocorrer a viragem de coloração de amarelo para vermelho tijolo. Faz-se então a anotação do volume gasto para esta viragem. Para analisar o resultado final, aplicou-se a fórmula: mg/l de Cloreto = ml gasto na titulação x 0,4 x 7,1.

O teste de Alcalinidade Hidroxida em águas objetiva a análise e comparabilidade com a legislação da Secretaria da Saúde e do Meio Ambiente disposta na Portaria N° 05/89 – SSMA.

O teste compreende a utilização de 50 mililitros da amostra a ser analisada onde adiciona-se 10 mililitros de Cloreto de Bário (concentração de 10%) aguardando a ocorrência da floculação dos carbonatos, silicatos entre outros. Por último, adiciona-se 3 gotas de Fenolftaleína (concentração de 1%). A titulação da solução é realizada com ácido sulfúrico 0,1 N até a viragem da solução da cor rosa para a transparente. Por fim, anota-se o volume gasto no tempo de viragem. A fórmula utilizada para análise foi: mg/l Alcalinidade Hidroxida = ml gasto na titulação x 100.

A medição do pH realizou-se através do phagômetro digital. Já o cálculo da dureza total foi realizado através da utilização de 10 mililitros da amostra para um elenmeyer de 250 ml, adicionando-se 2 mililitros de solução tampão com uma porção de indicadores negro de eriocromo T(0,05g). Em seguida a solução é titulada com EDTA 0,01 até que a coloração vermelho vinho passe para a cor azul. A análise é realizada mediante a aplicação da fórmula $Mg \text{ de } CaCO_3/L = V \times 100 \times fc$, considerando que “V” compreende a quantidade de mililitros gastos da solução de EDTA 0,01 M na titulação e fc compreende o fator da solução de EDTA 0,01 M.

7 Análise e discussão dos resultados

A contagem microbiológica das Amostras 01 e 02 foi realizada após vinte e quatro horas de permanência das placas em estufas para a inoculação, pois durante este período

ocorre à proliferação dos microorganismos que poderão estar presentes no meio. Aguardado este período, analisaram-se visualmente as placas da amostra 01 e amostra 02.

Percebeu-se que as placas da Amostra 01, após a obtenção dos dados da análise de contagem microbiológica observou-se que em nenhuma das diluições foi constatado princípio de crescimento microbiológico.

Nas placas da Amostra 02 foi possível vislumbrar a contaminação da água, pois esta continha uma considerável proliferação de microrganismos, considerada fora dos padrões.

Em relação a determinação de cloreto em águas, foi possível perceber que na Amostra 01, no primeiro processo de viragem entre a Fenolftaleína de 1% com o Ácido Sulfúrico de 0,1N, o pH não sofreu alteração, pois a água não mudou sua coloração.

Em um segundo momento, a análise da viragem após a adição do Nitrato de Prata 0,01N na solução, o volume (nitrato de prata) gasto constatado foi de 1,5 ml. Aplicando a fórmula $(1,5 * 0,4 * 7,1)$ chegou-se ao resultado final de 4,26 mg de CaCO_3 por litro. Foi utilizado para comparabilidade, o padrão permitido de 5 mg/l estando portanto, a amostra 01 dentro dos padrões.

Inicialmente, a Amostra 02 não demonstrou alteração no pH. Na segunda etapa o volume gasto de Nitrato de Prata foi de 3 mililitros. Aplicando-se a fórmula $(3 * 0,4 * 7,1)$ o resultado final foi de 8,52 mg CaCO_3 por litro, e de acordo com o padrão adotado a amostra 02 foi considerada fora destes padrões.

Em relação a alcalinidade hidróxida, na Amostra 01 o volume gasto na viragem foi de 1 mililitros que aplicados a fórmula $(\text{ml gasto na titulação} * 100)$ chegou-se ao total de $(1 * 100) = 100$ mg/l. Na amostra 02 o volume gasto de Ácido Sulfúrico foi de 2,5 ml, que aplicados a fórmula chegou-se ao total de $(2,5 * 100) = 250$ mg/l.

Conforme a portaria vigente 1469 atual 518/2004 estes resultados estão dentro dos padrões, pois a alcalinidade deve estar na faixa de 30 a 500 mg/l de CaCO_3 , e tanto amostra 01 como amostra 02 estão dentro dos padrões.

A determinação de pH foi determinada automaticamente. Desse modo, na amostra 01 o resultado foi de pH 6,2 a uma temperatura de 22,8°C e na amostra 02 na mesma temperatura ambiente é de pH 9,00.

De acordo com a legislação vigente SSMA N° 01/89, especifica que o pH deve estar dentro de 6,0 a 8,5 de acordo com o resultado do teste a amostra 01 esta dentro dos padrões pois se encontra num pH de 6,2, já a amostra 02 esta fora pois apresentou um pH de 9,00.

Em relação a determinação da dureza, na amostra 01 o volume gasto de EDTA na viragem foi de 1 ml e após a aplicação da fórmula $(300 * 100 * 0,01)$, chegou-se a um total de 300 mg de CaCO_3 por litro. Já na amostra 02 o volume gasto de EDTA foi de 3 ml e após a aplicação da fórmula $(150 * 100 * 0,01)$, constatou-se um total de 150 mg CaCO_3 por litro. Segundo a Secretaria de Vigilância e da Saúde (2006, p. 49) a dureza é definida a seguir:

- Mole ou branda: < 50 mg/L de CaCO_3
- Dureza moderada: entre 50 mg/L e 150 mg/L de CaCO_3
- Dura: entre 150 mg/L e 300 mg/L de CaCO_3
- Muito dura: > 300 mg/L de CaCO_3 .

A legislação vigente SSMA N° 01/89, determina que a água (após a separação da borra que é encaminhada a uma empresa especializada) só pode ser lançada no meio ambiente se for maior ou igual a 200mg/l, de acordo com os resultados dos testes a amostra 01 está dentro dos padrões, já a amostra 02 não, pois apresenta 150 mg/l, abaixo do permitido.

8 Considerações finais e sugestões

O processo de pintura com tinta em pó, em geral, não causa impactos ao meio ambiente. O único aspecto a ser observado em relação a esse sistema de pintura relaciona-se com os equipamentos de proteção individual. Iniciativas de limpeza e verificação destes equipamentos devem ser realizados periodicamente para evitar a contaminação proveniente de vazamentos de produtos químicos.

A pintura com tinta líquida é altamente dependente de petróleo e seu processo é tóxico para o meio ambiente. Pode-se salientar que os riscos oferecidos pelo confinamento dos ambientes, a composição das tintas, o manuseio com diluentes orgânicos e os meios de aplicação das tintas influenciam a emissão e a dispersão dos vapores orgânicos expondo os colaboradores durante a atividade de pintura. Deve ser observado também o aumento dos riscos de incêndio, os graves efluentes como o solvente e as borras de tinta. Aumento os níveis de poluição dos solos, águas e atmosfera.

Os resultados obtidos demonstram a preocupação discreta da organização estudada em relação aos aspectos ambientais. Ainda existem diversas melhorias nos processos de monitorização, tratamento, armazenagem e destinação final de resíduos e efluentes. Já que por ora a empresa terceiriza os serviços de recolhimento e reciclagem.

A destinação final de resíduos normalmente não utiliza os processos adequados ao meio ambiente e ainda existe o desperdício de matérias-primas em relação a utilização da tinta líquida. Do mesmo modo os resíduos potencialmente perigosos, ou seja, tintas e solventes utilizados na limpeza dos equipamentos são encaminhados a reciclagem do mesmo modo que os resíduos normais.

O processo de pintura industrial utilizando tinta em pó evidencia-se ambientalmente mais viável em relação ao processo de pintura com tinta líquida, se forem comparadas as amostras dos testes microbiológicos.

Desta forma, através das análises chegou-se a conclusão que, dentre os processos estudados o que menos agride o meio ambiente, além de fácil manuseio e menor custo, é o processo de Pintura Pó. Sabe-se que o processo de pintura com tinta líquida também pode se tornar menos poluente, basta que os solventes orgânicos sejam substituídos por solventes a base de água. Entretanto, a maioria das empresas não opta por essa alternativa devido ao seu alto custo.

A revisão dos processos produtivos deve ser o início da transformação organizacional que inclui a variável ambiental na gestão de produção, devendo esta ser compatível com a legislação vigente e o uso racional de recursos.

Referências Bibliográficas

ADAMIAK, K. et. al. Modelar os efeitos dos parâmetros operacionais sobre as trajetórias de pintura para um atomizador BELL ELETROSTÁTICA ROTARY. In Conferência Internacional sobre Eletrostática Aplicada, VI, 2008. Michigan. **Anais...** CIEA: CIEA, 2008. p. 551-554.

ANDRADE, F. R. O. et. al. Análise microbiológica de matérias-primas e formulações farmacêuticas magistrais. **Revista Eletrônica de Farmácia**. Vol. 2, n. 2, p. 38-44, 2005.

BARBOSA, M. N; PINTO, P. R. L. **Estudo do setor metal-mecânico gaúcho através do comércio intra-indústria no período de 1989 a 2005**. 2008. Trabalho apresentado ao 4. Encontro de Economia Gaúcha, Porto Alegre, 2008.

- BASTOS, L. M. S. **Os solventes e nossa saúde**. Madrid: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1988.
- BRANCO, S. M.; MURGEL, E. **Poluição do Ar**. São Paulo: Editora Moderna, 2000.
- BRASIL, A. M. et. al. **Equilíbrio Ambiental e resíduos na sociedade moderna**. São Paulo. Ed. FAARTE. 2004.
- CAMPOS, P. S.; LAMAS, W. Q. **Avaliação dos impactos ambientais aplicada aos resíduos sólidos do setor de pintura de uma indústria de equipamentos petrolíferos**. Exacta: São Paulo, v. 9, n. 1, p. 53-58, 2011.
- CORÁ, M. A.; CORÁ, M. J. Sistema de gestão ambiental: a metodologia aplicada pelo grupo Fiat. In: IV Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia. **Anais...** Resende: AEBD, 2005.
- COSTA, M. F. B; COSTA, M. A. F. Exposição ocupacional a compostos orgânicos voláteis na indústria naval. **Revista Quim. Nova**, Vol. 25, No. 3, 2002, p. 384-386.
- FAZANO, C. A. T. V. **Tintas - Métodos de controle de pinturas e superfícies**. São Paulo: Behar Ed (Hemus), 1995.
- FAZENDA, J. M. R. **Tintas e Vernizes: ciência e tecnologia**. São Paulo: ABRAFATI, 2005.
- FRANÇA, M. P.; ALZIATI, C. L. **Aplicação de Tinta em Pó sobre Substratos Sensíveis ao Calor**. São Paulo: ABRAFATI - Associação Brasileira dos Fabricantes de Tintas, 2008.
- FREEMAN, H. M. **Industrial pollution prevention handbook**. New York: Mc Graw-Hill, 1995.
- GENTIL, V. **Corrosão**. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.
- GETTENS, R. J.; STOUT, G. L. **Painting materials**. 2 ed. New York: Dover Books, 1966.
- GUO, H. et al. Source Characterization of BTEX in Indoor Microenvironments in Hong Kong, **Atmospheric Environmental**. Vol. 37, n. 1, p. 73-82, 2003.
- HAMMOND, K. **A brief history of paint: part two of our series on the history of the paint industry**. PPCJ. Polymers paint color journal. Apr. 2003. issue. Disponível em: <http://www.allbusiness.com/periodicals/article/363960-3.html> Acesso em: 24 ago. 2011.
- HINZ, R. T. P.; VALENTINA, L. V. D.; FRANCO, A. C. Sustentabilidade ambiental das organizações através da produção mais limpa ou pela Avaliação do Ciclo de Vida. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, V. 2, n. 2, p. 91-98, 2006.
- KOZAK, P. A. et. al. Identificação, quantificação e classificação dos resíduos sólidos de uma fábrica de móveis. **Rev. Acad., Ciênc. Agrár. Ambient.**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 203-212, abr./jun. 2008.

LORA, E. S. **Prevenção e controle da poluição nos setores energéticos, industrial e de transporte/Electo Silva Lora.** Brasília. ANEEL, 2000.

MATTOS, M. L. T.; SILVA, M. D. **Controle da Qualidade Microbiológica das Águas de Consumo na Microbacia Hidrográfica Arroio Passo do Pilão.** Comunicado Técnico. Pelotas: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2002.

MONDARDO FILHO, M.; FRANK, B. Balanço ambiental de processos como ferramenta para a gestão ambiental. In: XX ENEGEP... **Anais XX ENEGEP**, 2000, São Paulo - SP, 2000.

NAHUZ, M. A. R. **Resíduos da indústria moveleira: a cadeia produtiva de móveis no Brasil.** São Paulo: IPT, 2005.

NASCIMENTO, T. C. F.; MOTHÉ, C. G. **Gerenciamento de resíduos sólidos industriais.** Revista Analytica. V. 1, n. 27, 2007.

NUNES, N. V. **Pintura industrial aplicada.** Rio de Janeiro: Mayti Comunicação e Ed., 1990.

PESSIN, N.; SCALABRIN JUNIOR, R.; RIGOTI, M. R. Utilização de metodologia fmea para a identificação dos aspectos e impactos ambientais em laboratórios de ensaios mecânicos e máquinas operatrizes – estudo de caso. In: 25º Congresso Brasileiro de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais...** Recife: CBESA, 2009.

POTRICH, A. L.; TEIXEIRA, C. E.; FINOTTI, A. R. Avaliação de impactos ambientais como ferramenta de gestão ambiental aplicada aos resíduos sólidos do setor de pintura de uma indústria automotiva. **Estudos Tecnológicos em Engenharia**, Vol. 3, nº 3, out-nov 2007, p. 162-175.

ROBINS, G. **The art of ancient Egypt.** UK: British Museum Press, 1997.

SCHIRMER, W. N.; CORTEZ, A. M.; KOZAK, P. A. Ventilação industrial: Uma ferramenta na gestão de resíduos atmosféricos em indústrias moveleiras – Estudo de caso. **Revista de Ciências Ambientais.** Canoas, v.2, n.1, p. 15 a 28, 2008.

SCHNEIDER, V. E. et. al. Gerenciamento ambiental na indústria moveleira – estudo de caso no município de Bento Gonçalves. In: XXIII Encontro Nac. de Eng. de Produção. **Anais...** Ouro Preto-MG, 2003.

SECRETARIA DA SAÚDE E DO MEIO AMBIENTE. **Portaria N.º 05/89 - SSMA aprova a Norma Técnica SSMA N.º 01/89.** Disponível em http://www.mundoambiente.eng.br/legislacao/leiAmbientalRS/P05_89.pdf. Acesso em: 22 ago. 2011.

SILVA, N. et. al. **Manual de Métodos de Análise Microbiológica de Alimentos.** 3 ed. São Paulo: Varela, 2007.

SILVA, J. S. da. **Estudo do reaproveitamento dos resíduos sólidos industriais na região metropolitana de João Pessoa (Bayeux, Cabedelo, João Pessoa e Santa Rita), PB.** (Dissertação de Mestrado em Engenharia Urbana). João Pessoa: UFPB CT, 2004.

SIQUEIRA, R. S. **Manual de microbiologia de alimentos.** Brasília: EMBRAPA, 1995.

TIGER DRYLAC. **Processo de fabricação de tintas em pó.** Disponível em: <http://tigercoatings.com/index.php?id=368&L=12&C=1> Acesso em: 31 ago. 2001.

TONDOWSKI, L. O cuidado com as soluções "criativas". **Revista Saneamento Ambiental.** n° 54, p. 16-24, nov./dez. 1998.

VALSPAR. **Processo de Pintura Pó e Pintura Líquida.** São Paulo: VALSPAR, 2008.

VILLAS, M. R. A.. **Processo de deposição de tintas catódicas por eletroforese e suas correlações com a qualidade e o meio ambiente.** (Dissertação de Mestrado em Sistemas de Gestão). Rio de Janeiro: UFF, 2006.

VILLAS, M. R. A.; MAINIER, F. B. Processo de deposição de tintas catódicas por eletroforese e suas correlações com a qualidade e o meio ambiente. In: Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia – SEGeT, II, 2005. Rio de Janeiro. **Anais...** Resende: AEBD, 2005. p. 646-655.

WEG, Indústrias S.A.. **Pinturas Industriais em Pó.** Informações Técnicas DTC-13. Guaramirim: WEG, 2008.

ANEXO I: Tabela A: Padrões de Potabilidade de substâncias químicas que representam risco a saúde.

PARÂMETRO	Unidade	VMP 1*
INORGÂNICAS		
Cloreto de Vinila	µg/L	5
1,2 Dicloroetano	µg/L	10
1,1 Dicloroetano	µg/L	30
Diclorometano	µg/L	20
Estireno	µg/L	20
Tetracloroeto de Carbono	µg/L	2
Tetracloroeteno	µg/L	40
Triclorobenzenos	µg/L	20
Tricloroeteno	µg/L	70
AGROTÓXICOS		
Clordano (isômeros)	µg/L	0,2
Heptacloro e Heptacloro epóxido	µg/L	0,03
Hexaclorobenzeno	µg/L	1
Lindano (g-BHC)	µg/L	2
Metolacloro	µg/L	10
Metoxicloro	µg/L	20
Molinato	µg/L	6
Pendimentalina	µg/L	20
Pentaclorofenol	µg/L	9
DESINFETANTES E PRODUTOS SECUNDÁRIOS DA DESINFECÇÃO		
Bromato	mg/L	0,025
Clorito	mg/L	0,2
Cloro livre	mg/L	5
Monocloromina	mg/L	3
2, 4, 6, Triclorofenol	mg/L	0,2
Trihalometanos Total	mg/L	0,1

Fonte: www.tratamentodeagua.com.br/a1/biblio/legislacao.

Acesso em: 12 jun. 2012.