

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA AMBIENTAL**

**AUTOMAÇÃO NO PROCESSO DE PINTURA AERONÁUTICA
COMO ALTERNATIVA NA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL**

ELIUD RODRIGUES DE MENEZES

Orientador: Ms. Daniel Celso Daltin

São Carlos – SP

2021

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SÃO CARLOS
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA AMBIENTAL

AUTOMAÇÃO NO PROCESSO DE PINTURA AERONÁUTICA
COMO ALTERNATIVA NA SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL

ELIUD RODRIGUES DE MENEZES

Trabalho de Graduação apresentado ao Curso de Engenharia Ambiental do Centro de Ciências Exatas e de Tecnologia da Universidade Federal de São Carlos, como parte dos requisitos para obtenção do título Bacharel em Engenharia Ambiental.

Orientadores:

Prof. Dra. Fernanda Perpétua Casciotori

Prof. Dra. Janaina Fernandes Gomes

Tutor Ms. Daniel Celso Daltin

São Carlos – SP

2021

Banca Examinadora

Trabalho de Graduação apresentado no dia 23 de janeiro de 2021 perante a seguinte banca examinadora:

Prof. Dra. Alice Medeiros de Lima

Tutor Ms. Daniel Celso Daltin

Convidada:

Ma. Ariane Silveira Sbrice Pinto

Professoras da Disciplina:

Prof. Dra. Fernanda Perpétua Casciotori

Prof. Dra. Janaina Fernandes Gomes

“A mente que se abre a uma nova ideia jamais voltará ao seu tamanho original”

Oliver Wendell Holmes Sr.

“Vamos precisar de todo mundo
Um mais um é sempre mais que dois
Pra melhor juntar as nossas forças
É só repartir melhor o pão
Recriar o paraíso agora
Para merecer quem vem depois”
Autor: Beto Guedes / Ronaldo Bastos

AGRADECIMENTOS

Agradeço a DEUS por sempre me guiar no caminho certo. Aos meus pais pelo incentivo aos estudos e pelo apoio incondicional.

Ao meu orientador Daniel Celso Daltin, por ter me orientado neste gratificante trabalho e toda atenção que me disponibilizou sempre me motivando e contribuindo no meu aprimoramento profissional e pessoal. À UFSCAR e ao seus docentes que nos incentivaram a percorrer toda a trajetória.

DEDICATÓRIA

“Dedico esta monografia ao Nosso Pai Criador. Espero que este trabalho seja um instrumento de sua paz e possa colaborar com o Meio Ambiente.”

RESUMO

A sustentabilidade nos processos industriais é um requisito em conformidade com a legislação ambiental, além de que é uma estratégia competitiva para as organizações, pois minimiza os resíduos sólidos e há econômica de recursos, dentre outros. No setor aeronáutico existem diversos processos que possam ser aplicados os conceitos de sustentabilidade, e um dos processos é a preparação e pintura de aeronaves gera resíduos sólidos, efluentes líquidos e emissões atmosféricas. Além de provocar impactos ambientais, a geração de resíduos representa desperdício de matéria-prima e energia e exige altos investimentos em técnicas de controle e tratamento da poluição. Diante desse contexto, o objeto geral desse trabalho foi analisar o processo em uma cabine de pintura industrial no setor aeronáutico e como objetivo específico implementar melhorias nesse processo por meio da automação industrial, visando a eficiência no processo e a sustentabilidade ambiental. A pesquisa baseou-se em Estudo de Caso do processo de pintura de uma indústria do setor aeronáutico. Os principais resultados foram: redução de 65% dos resíduos sólidos, redução de 60% consumo de água, redução de 40% da emissão de gases à atmosfera, minimização de afastamento por doenças ocupacionais com zero operadores afastados.

PALAVRAS-CHAVE: Automação industrial. Balanço hídrico. Emissões atmosféricas. Impactos ergonômicos. Processo de pintura. Resíduos sólidos.

ABSTRACT

Sustainability in industrial processes is a requirement in accordance with environmental legislation, in addition to being a competitive strategy for organizations, since it minimizes solid waste and there is economical resources, among others. In the aeronautical sector there are several processes that can be applied to the concepts of sustainability, and one of the processes is the preparation and painting of aircraft generates solid residues, liquid effluents and atmospheric emissions. In addition to causing environmental impacts, the generation of waste represents waste of raw material and energy and requires high investments in pollution control and treatment techniques. Given this context, the general object of this work was to analyze the process in an industrial painting booth in the aeronautical sector and as a specific objective to implement improvements in this process through industrial automation, aiming at process efficiency and environmental sustainability. The research was based on a Case Study of the painting process of an aeronautical industry. The main results were: a 65% reduction in solid waste, a 60% reduction in water consumption, a 40% reduction in the emission of gases into the atmosphere, minimization of sick leave due to occupational diseases with zero sick leave.

KEYWORDS: Industrial automation. Hydric balance. Atmospheric emissions. Ergonomic impacts. Painting process. Solid waste.

SUMÁRIO

Banca Examinadora.....	iii
RESUMO.....	vii
ABSTRACT	viii
SUMÁRIO.....	ix
LISTA DE FIGURAS	x
LISTA DE TABELAS.....	xi
1 INTRODUÇÃO.....	1
2 OBJETIVOS	4
3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
3.1 O Setor Aeronáutico	5
3.2 Panorama Mundial.....	5
3.3 A Indústria Brasileira.....	6
3.4 Sustentabilidade Ambiental	6
3.4.1 Histórico	6
3.4.2 ISO 14001	9
3.5 Política Nacional Resíduos Sólidos.....	10
3.6 Balanço Hídrico na Perspectiva Industrial	12
3.7 Emissão de Gases à Atmosfera.....	14
3.8 Ergonomia e Saúde no Trabalho.....	15
3.9 Automação Industrial	16
4 MATERIAL E MÉTODOS	19
4.1 Material.....	19
4.2 Metodologia.....	19
4.2.1 Processo de pintura.....	19
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	23
6 CONCLUSÕES	42
REFERÊNCIAS	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Cabine de pintura Industrial.....	20
Figura 2: Robô industrial de pintura.....	21
Figura 3: Robô industrial de lixamento.....	21
Figura 4: Fluxograma Simplificado do Processo de Pintura de Aeronaves.	23
Figura 5: Recipiente para resíduos sólidos perigosos.....	26
Figura 6: Tambor para resíduos sólidos perigosos.	26
Figura 7: Recipiente resíduos sólidos não perigosos.....	27
Figura 8: Estação de Tratamento de Efluentes Industriais.	28
Figura 9: Resíduo Sólido Borra de tinta.	29
Figura 10: Escala de Ringelmann.....	35
Figura 11: Macacão de proteção com ar mandado.....	36
Figura 12: Equipamentos de proteção respiratória.....	36
Figura 13: Sistema de exaustão.	37
Figura 14: Sistema de ar condicionado.....	37
Figura 15: Operação de lixamento manual.....	38
Figura 16: Operação de enxágue manual.	38
Figura 17: Operação de aplicação de tintas.	39

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Impactos dos resíduos sólidos.	30
-----------------------------------------------	----

1 INTRODUÇÃO

O setor aeronáutico é um nicho de negócio considerado caro em suas transações, desde sua fabricação até mesmo a operação do modal aéreo em termos de transporte de carga ou passageiro, por seus custos estarem atrelados ao dólar.

É um dos principais meios de transportes, inserido praticamente em todos os países, seja para transportar pessoas, produtos manufaturados, alimentos, produtos bélicos, animais, matéria prima, entre muitos outros (ABEAR,2020). Até 2014 foram transportados aproximadamente 65 bilhões de pessoas pelo mundo, com projeção de mais de 65 bilhões entre 2014 a 2030 (ABEAR,2020). O setor de aviação emprega quase sessenta e três milhões de pessoas pelo mundo, com participação de 2,7 trilhões de dólares na economia mundial o que equivale a 3,5% do PIB mundial (ABEAR,2020).

A redução de custos, a busca constante por eficiência e produtividade, e a sustentabilidade nos processos industriais são estratégias que estarão sempre em pauta em qualquer indústria, principalmente no setor aeronáutico. E como toda indústria, seus processos produtivos geram resíduos sólidos, emissões de gases à atmosfera e contaminação da água, uma problemática que deve atenção por parte dos gestores. Segundo Campos e Lamas (2011) todo processo produtivo gera algum tipo de resíduo sólido, tal como os processos de pinturas líquidas, que conforme Associação Brasileira de Normas Técnicas, a NBR 10004, esclarece que os processos de pintura normalmente podem gerar resíduos classificados como perigosos, o que evidencia maior atenção no controle e desenvolvimento desse tipo de processo. Os resíduos sólidos oriundos do processo de pintura são classificados como perigosos, é importante o desenvolvimento de novas medidas de controle, baseadas no princípio da tecnologia limpa para minimizar os impactos. No caso do processo de pintura, além dos resíduos líquidos causadores de poluição e contaminação ambiental, o processo apresenta compostos orgânicos voláteis advindos principalmente do ambiente industrial KOZAK, (2008).

Verificando a necessidade cada vez mais urgente de regulamentar e controlar a destinação dos resíduos sólidos, o governo federal estabeleceu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, por meio da Lei nº 12.305/10, tendo como principais objetivos: a proteção da saúde pública e da qualidade ambiental; não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos, bem como disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos; adoção, desenvolvimento e aprimoramento de tecnologias limpas como forma de

minimizar impactos ambientais; redução do volume e da periculosidade dos resíduos perigosos; gestão integrada de resíduos sólidos; estímulo à rotulagem ambiental e ao consumo sustentável, e que estabelece a responsabilidade compartilhada de todos os elos da cadeia de suprimentos (BRASIL, 2020).

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. O processo de pintura e a geração de resíduos sólidos são de fato impactos significativos, mesmo com as medidas de controle, sendo grande parte destes resíduos perigosos (SCHNEIDER, et al., 2003; POTRICH, TEIXEIRA e FINOTI, 2007).

Os processos de preparação e 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 poluindo e contaminando a água (PESSIN, SCALABRIN JR. e RIGOTI, 2009).

Com o desenvolvimento e as necessidades das empresas em atender os requisitos decorrentes de um entendimento de que a busca por melhores processos e a sustentabilidade são imprescindíveis para a perpetuidade das empresas e do planeta, criou-se o padrão de qualidade ISO14000, tendo como principal foco minimizar o dano causado ao meio ambiente.

A ISO14001 é uma importante ferramenta para que as empresas busquem a melhoria contínua no Sistema de Gestão Ambiental (SGA) e assim atender as legislações ambientais.

Conforme ABNT NBR ISO 14000, essa norma especifica os requisitos de um Sistema de Gestão Ambiental e permite a uma organização desenvolver uma estrutura para a proteção do meio ambiente e rápida resposta às mudanças das condições ambientais. A norma leva em conta aspectos ambientais influenciados pela organização e outros passíveis de serem controlados por ela. Ela ajuda a melhorar o desempenho das empresas por meio da utilização eficiente dos recursos e da redução da quantidade de resíduos, ganhando assim vantagem competitiva e a confiança das partes interessadas (ABNT, 2015).

Além das normas de Sistema de Gestão Ambiental, as leis, dentre outros, cabe salientar que a automação nos processos industriais contribui favoravelmente, em todas essas questões que estão relacionadas à sustentabilidade. Sendo que o desenvolvimento sustentável é definido como “aquele que satisfaz as necessidades presentes, sem

comprometer a capacidade das gerações futuras de suprir suas próprias necessidades” (BRUNDTLAND, 1987).

Segundo Groover (2001), as principais vantagens do processo de automação são: barateamento da produção; substituição do elemento humano na monitoração, supervisão e controle dos processos; eliminação do trabalho humano em tarefas repetitivas ou perigosas; aumento da produção por meio da redução de tempos e operações desnecessárias; aumento da quantidade de produtos fabricados dentro das especificações dos padrões de qualidade; aperfeiçoamento de recursos e mão de obra; fornecimento de dados para sistemas de gerenciamento e planejamento; aumento da segurança humana e patrimonial dos processos produtivos.

2 OBJETIVOS

O objeto de estudo desse trabalho foi analisar o processo em uma cabine de pintura industrial no setor aeronáutico e como objetivo específico buscou-se implementar melhorias neste processo por meio da automação, visando maior eficiência e sustentabilidade ambiental.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 O Setor Aeronáutico

Um dos maiores desafios para um país como o Brasil é o de consolidar a ocupação sustentável do território e promover a integração de suas regiões, o transporte aéreo tem sido por décadas e deverá ser ainda por muito tempo o meio de integração nacional por excelência em países com dimensões continentais e cenários geográficos extremamente variados. A velocidade de operação, por sua vez, propicia a ligação de extremos de países continentais em um mesmo dia, superando os obstáculos naturais sem grande dificuldade e com menores danos ambientais. IPEA (2010).

O setor aeronáutico é um dos principais meios de transportes na atualidade, as companhias aéreas cresceram devido a sua capacidade de fornecer velocidade na entrega de bens e no transporte de pessoas. O desenvolvimento da tecnologia, os recursos governamentais, o estímulo da iniciativa privada, dentre outros, foram fatores que contribuíram para uma revolução no comércio global (SMITH JR., 2002).

3.2 Panorama Mundial

Segundo *Air Transport Action Group* (ATAG, 2016), a aviação comercial mundial em 2014 representava cerca de 62,7 milhões de empregos, incluindo empregos diretos e indiretos, movimentando cerca de US\$ 2,7 trilhões em participação na economia global no mesmo ano.

Segundo ABEARRE (2020) a aviação é o meio preferencial para a circulação de mercadorias leves, compactas, perecíveis e/ou de alto valor agregado. É também fundamental nas cadeias globais de produção, nas quais fornecedores em diversas partes do mundo atuam de forma coordenada no sistema *just-in-time*. É o que ocorre na produção de tablets, notebooks, smartphones e televisores, por exemplo. As indústrias que trabalham com alimentos frescos também dependem do transporte aéreo, pois ele garante que os produtos cheguem aptos para o consumo em mercados distantes. Com o crescimento do comércio eletrônico, modelos inteiros de negócios precisam recorrer à agilidade e à confiabilidade do transporte aéreo para a realização de entregas.

A dinâmica da aviação depende diretamente dos níveis da atividade econômica como um todo. O transporte aéreo exerce um efeito multiplicador, de forma direta e indireta, pela

criação de postos de trabalho, pagamento de salários e arrecadação de impostos. Com isso, facilita a criação de novos negócios e o desenvolvimento de empreendimentos já existentes. Mais atividade econômica, por sua vez, gera demanda por viagens e estimula a ampliação da conectividade aérea, viabilizando mais investimentos. Assim, o transporte aéreo de passageiros e cargas contribui para o estabelecimento de círculos virtuosos de desenvolvimento, em linha com as metas de desenvolvimento sustentável estabelecidas pela Organização das Nações Unidas.

3.3 A Indústria Brasileira

Segundo Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial (ABDI, 2009), no Brasil a indústria aeronáutica é representada basicamente pela EMBRAER, sendo único representante global que o Brasil possui na área de alta tecnologia, fazendo com que a indústria aeronáutica tenha uma grande importância para o país.

Segundo a EMBRAER gestão sustentável faz parte dos objetivos estratégicos da empresa, fundamental para a perenidade do negócio, está presente nos valores empresariais - “Construímos um futuro sustentável” - refletindo o compromisso de conduzir os negócios alinhando os objetivos econômicos aos aspectos socioambientais, tendo como norte temas ligados aos Objetivos de Desenvolvimento. O compromisso com o meio ambiente permeia toda a cadeia produtiva, desde processos de fabricação, instalações, desenvolvimento de produtos e da cadeia de fornecedores. Através da Política de Meio Ambiente, Saúde e Segurança do Trabalho, definiu-se diretrizes claras, que são adotadas por toda a empresa, para temas como ecoeficiência, engajamento da cadeia de suprimentos, desenvolvimento de produtos e atuação em medidas que minimizem as mudanças climáticas.

3.4 Sustentabilidade Ambiental

3.4.1 Histórico

Assim como em países da Europa e nos EUA, no Brasil, foi também a partir de meados da década de 1970 que o movimento ambientalista passou a ter maior expressão. Externamente, os ambientalistas brasileiros foram influenciados pela Conferência de Estocolmo (1972), e internamente foram beneficiados pela superação do mito

desenvolvimentista e pela formação de uma nova classe média, que ampliava os debates sobre qualidade de vida, nos quais a ecologia encaixava-se bem (JACOBI, 2009).

O Relatório *Brundtland* foi consolidado com um tom bem mais diplomático que as propostas anteriores. O texto final propõe que o crescimento não seja negado, nem aos países industrializados nem aos não industrializados e explicita a percepção de que a superação do subdesenvolvimento só acontecerá com o desenvolvimento contínuo dos países industrializados (BRUSEKE, 1995).

O Relatório *Brundtland* (1987) define o desenvolvimento sustentável como aquele que “satisfaz as necessidades da atual geração sem, contudo, prejudicar as necessidades das gerações futuras”.

Com base em uma nova possibilidade de debate sobre a questão ambiental e o desenvolvimento, gerada pelos esforços em torno do Relatório *Brundtland* e suas conclusões, todos os Chefes de Estado do Planeta foram convocados para a Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, que seria realizada no Rio de Janeiro em 1992. A partir desse momento, marca-se a transição do foco dos debates sobre sustentabilidade, que gradativamente passam a ser moderados e centralizados por organizações de cunho político e empresarial. O desenvolvimento sustentável foi definido como um processo que permite satisfazer as necessidades da população atual sem comprometer a capacidade de atender as gerações futuras (LEFF, 2001, p.19).

Se as atuais tendências de crescimento da população mundial, tais como a industrialização, produção de alimentos e diminuição de recursos naturais, continuarem imutáveis, os limites de crescimento neste planeta serão alcançados algum dia dentro dos próximos cem anos. O resultado mais provável é o declínio súbito e incontrolável, tanto da população quanto da capacidade industrial (BRUSEKE, 1998, p. 30).

Segundo Saunders e Mcgovern (1997) o marketing ecológico passou a ocupar fator condicionante ao mercado de negócios, ou seja, operar com práticas ambientais adequadas sem deixar de ofertar qualidade e preço acessível aos consumidores.

Machado e Corrar (2008) argumentam que as empresas que adotam condutas ambientalmente responsáveis possuem uma tendência a apresentar melhores resultados econômicos. Botelho (2006) informa que existe relação entre o valor de mercado das empresas brasileiras e notícias e informações que revelam responsabilidade social e ambiental.

Segundo Foster, Roberto e Igari (2016), o objetivo da Economia Circular está centrado na reinserção da matéria prima no ciclo de produção, no qual visa a minimização do descarte de resíduos ao meio ambiente e também evita os impactos ambientais negativos.

Segundo Souza, Rásia e Jacques (2010) a necessidade de gestão ambiental vem crescendo com o passar das décadas. De fato, essa preocupação com a questão ambiental acabou por assumir um posicionamento estratégico para que as empresas possam usufruir dos benefícios gerados a partir de suas condutas sociais e ecologicamente corretas.

Para Valle (2000) a gestão baseada na consciência ambiental preocupa-se em eliminar ineficiências para a maximização dos lucros, valorizar os recursos reciclando os resíduos e investir em melhorias contínuas e qualidade total. A publicidade destas atitudes junto aos consumidores eleva a imagem da empresa, principalmente quando estas se antecipam à regulamentação decorrente das nas leis ambientais. Neste sentido, os projetos ambientais passam a ser vistos como uma forma de oportunidade de negócio e garantem uma vantagem competitiva sustentável.

Para Faria e Pereira (2008) a eliminação de perdas, seja no consumo de água e energia, ou através do aproveitamento de resíduos, contribui para a melhoria da competitividade das empresas, e pode até mesmo gerar novas oportunidades de negócios.

Paiva (2006) ressalta que empresas brasileiras, assim como de outros países (Estados Unidos, Canadá, Inglaterra, dentre outros) utilizam indicadores ambientais, para a divulgação de eventos relacionados, como forma de facilitar o entendimento dos diversos usuários. Estes indicadores (Environmental Performance Indicators - EPI) representam o desempenho ambiental advindo dos processos produtivos, avaliando as situações e tendências ambientais da empresa.

Segundo Souza, Rásia e Jacques (2010) a conscientização ambiental como uma abordagem incutida na cultura e no plano de ação das empresas, possibilita o seu desenvolvimento, fazendo com que o meio ambiente se torne uma oportunidade de negócios, fortalecendo a imagem empresarial e assegurando melhorias na sua qualidade de produção, ou seja, eliminando perdas e ineficiências do processo produtivo.

Em notícia publicada pela Associação Nacional de Pesquisa e Desenvolvimento das Empresas Inovadoras (ANPEI, 2017), pelo oitavo ano consecutivo, a Embraer foi listada entre as empresas que compõem o Índice Dow Jones de Sustentabilidade (Dow Jones Sustainability Index – DJSI World 2017/2018). Com base na análise de desempenho dos pilares de sustentabilidade, o DJSI lista as empresas que se destacam por suas práticas de gestão social, ambiental e econômica. A Embraer obteve nota global de 75 pontos,

conquistando o segundo lugar no segmento Aeroespacial & Defesa. No comparativo com 2016, a empresa manteve a liderança em seu setor nos critérios Gestão da Cadeia de Suprimentos e Gestão da Inovação (ANPEI, 2017).

Além disso, a empresa assumiu a liderança em outros três critérios: Desenvolvimento de Pessoas, Práticas Trabalhistas e Gestão do Ciclo de Vida do Produto, quesito em que a empresa vem crescendo continuamente desde 2011. A Embraer é uma das 377 empresas de todo o mundo que compõem o índice. No segmento Aeroespacial & Defesa, apenas quatro companhias foram selecionadas. Foram convidadas para participar da avaliação mais de 3.400 empresas do Índice S&P Global Broad Market, de 24 setores. A análise de resultados é feita pela empresa suíça especializada em investimento sustentável RobecoSAM.

Segundo a Embraer (2020) no ano de 2016 foram estipuladas metas para redução de 2% no consumo de água, 5% no consumo de energia elétrica e 3% de geração de resíduos perigosos. Em 2018 considerando todas as plantas instaladas no Brasil e exterior, atingiu-se a redução de 5,6% no consumo de água, 24,96 de energia elétrica e 14,22% na redução de resíduos perigosos evidenciando o comprometimento da empresa com gestão ambiental.

3.4.2 ISO 14001

Uma das formas das empresas estarem em conformidade com a gestão ambiental, é estar inserida em normas internacionais, tal como a ISO 14001, que é uma norma aceita internacionalmente que define os requisitos para colocar um sistema da gestão ambiental em vigor. Ela ajuda a melhorar o desempenho das empresas por meio da utilização eficiente dos recursos e da redução da quantidade de resíduos, ganhando assim vantagem competitiva e a confiança das partes interessadas (ABNT, 2015).

Para Ferron (2009) as normas NBR ISO 14001 descrevem os elementos básicos de um sistema de gestão ambiental eficaz, pois seus elementos incluem a criação de uma política ambiental, o estabelecimento de objetivos e alvos, a implementação de um programa para alcançar esses objetivos, a monitoramento e a medição de sua eficácia, a correção de problemas, bem como a análise e revisão do sistema.

De acordo Züst (1997), a norma ISO 14001 concentra-se na melhoria da performance das empresas nas áreas de atividade, produtos e serviços e tem como foco principal de observação o impacto ambiental.

De acordo com Schaltegger e Burritt (2000), é cada dia maior a pressão exercida pelos *stakeholders*, entre eles, os governos, acionistas, comunidade local e as Organizações

Não Governamentais (ONG's) sobre as empresas, no que diz respeito às questões sociais e o respeito ao meio-ambiente.

De acordo com Tinoco e Kraemer (2004), as empresas que deixarem de atender a todos os dispositivos legais relativos à sua atividade, podem sofrer sanções tanto administrativas quanto judiciais, por meio de pagamento de multas e indenizações, respectivamente.

De acordo com Sanches (1996), além das preocupações com os impactos ambientais de suas atividades, as empresas também são influenciadas por questões comerciais, principalmente aliadas às exigências dos mercados consumidores, em destaque para os mercados internacionais.

Para Bansal e Roth (2000), são três os principais fatores que influenciam as empresas a se preocuparem com o meio ambiente e conseqüentemente investirem em desenvolvimento sustentável, são eles: as pressões dos *stakeholders*, as oportunidades econômicas comerciais e as obrigações legais.

3.5 Política Nacional Resíduos Sólidos

No Brasil, existem diversas leis ambientais, em diferentes setores que as empresas e organizações devem obedecer, e uma lei recentemente nova é a Lei nº 12.305/10, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), sendo considerada bastante atual e contém instrumentos importantes para permitir o avanço necessário ao País no enfrentamento dos principais problemas ambientais, sociais e econômicos decorrentes do manejo inadequado dos resíduos sólidos. Prevê a prevenção e a redução na geração de resíduos, tendo como proposta a prática de hábitos de consumo sustentável e um conjunto de instrumentos para propiciar o aumento da reciclagem e da reutilização dos resíduos sólidos (aquilo que tem valor econômico e pode ser reciclado ou reaproveitado) e a destinação ambientalmente adequada dos rejeitos (aquilo que não pode ser reciclado ou reutilizado) (BRASIL, 2020).

Para Kaminski (2007) na linguagem técnica, lixo é sinônimo de resíduo sólido e é representado por materiais descartados pelas atividades humanas. Tais atividades podem ser de origem doméstica, comercial, industrial, hospitalar, agrícola, de serviços etc. Desta forma, é usual subdividir os resíduos sólidos em diversas categorias, sendo as principais: Resíduos Sólidos Municipais (RSM), Resíduos de Serviços de Saúde (RSS), Resíduos sólidos Industriais (RSI) e Resíduos da Construção Civil (RCC).

Segundo João (2011) o impacto gerado pela disposição de resíduos sólidos é um problema de crescente preocupação e debate. O tratamento dado atualmente à matéria, no Brasil, ainda, tem se mostrado inadequado e ineficiente, de forma que é extremamente necessária a criação de medidas tendentes a propiciar a integração entre o manejo desses resíduos e o desenvolvimento urbano e industrial, no País. Um dos temas mais debatidos, desde a criação da PNRS, é a logística reversa que restitui ao setor empresarial os resíduos vinculados à sua operação, para reaproveitamento, destinação ou disposição final adequada dos resíduos e embalagens.

Para Sisino e Oliveira (2000), com o crescimento industrial institucionalizado, toneladas e mais toneladas de resíduos eram geradas e descartadas sem nenhum controle. Inicialmente áreas vizinhas às próprias fábricas serviam de depósitos e aterros. Quando esgotadas, os resíduos eram transportados para outras regiões aleatoriamente.

No Brasil na década de 1950, o modelo econômico dos governantes embasava-se no desenvolvimento a qualquer custo, com a implantação de indústrias, principalmente no setor da química e derivados, o que teve continuidade no governo militar, na década de 1960. A industrialização do País foi extremamente rápida em virtude dos vários atrativos oferecidos pelos governantes às indústrias estrangeiras (SISINNO; OLIVEIRA, 2000).

As grandes aglomerações urbanas consomem grande quantidade de água, de energia, de alimentos e de matérias-primas, o que causa aumento das quantidades de lixo que precisa ser disposto de maneira segura e sustentável (FONSECA, 2001).

Segundo PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2020 (2021) entre 2010 e 2019, a geração de resíduos sólidos urbanos no Brasil registrou considerável incremento, passando de 67 milhões para 79 milhões de tonelada por ano. Por sua vez, a geração per capita aumentou de 348 kg/ ano para 379 kg/ano.

Os resíduos sólidos podem ser classificados como: Classe I – Perigosos: resíduos que, em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade, podem apresentar risco à saúde pública e/ou apresentar efeitos adversos ao meio ambiente, quando manuseados ou dispostos de forma inadequada; Classe II A – Não Perigosos – Não-inertes: resíduos que não se enquadram na Classe I ou na Classe II B. Podem ter propriedades tais como combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água; Classe II B – Não Perigosos – Inertes: resíduos sólidos que, submetidos a teste de solubilização, não tenham nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água, exceto: cor, turbidez, dureza e sabor (ABNT, 2004).

A Resolução nº 313, do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), de 29 de outubro de 2002, define resíduo sólido industrial como, “ É todo o resíduo que resulte de atividades industriais e que se encontre nos estados sólido, semissólido, gasoso, quando contido, e líquido, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d’água, ou exijam para isso soluções técnicas ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água e aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição” (CONAMA, 2002).

Aterro Industrial é uma alternativa de destinação de resíduos industriais, que se utiliza de técnicas que permitem a disposição controlada destes resíduos no solo, sem causar danos ou riscos à saúde pública, e minimizando os impactos ambientais (CETESB, 1993).

De acordo com Sisino e Oliveira (2000), dentre os problemas oriundos da disposição inadequada de grandes quantidades de resíduos sólidos urbanos e industriais, podem-se destacar: poluição do ar levando a distúrbios respiratórios, não só pela poeira como pelo mau cheiro desagradável causando cefaleia e náusea; poluição das águas superficiais e subterrâneas envolvendo a saúde pública, criação de micro e macro vetores que transmitem doenças; poluição do solo; poluição visual que afeta o bem-estar das populações, gerando um impacto visual e emotivo causando sensações de medo e nojo; presença de urubus e desequilíbrio ecológico.

3.6 Balanço Hídrico na Perspectiva Industrial

A indústria apresenta-se como fonte de poluição pontual, cujos impactos sobre os recursos hídricos são amplos devido à diversidade das substâncias contaminantes que emite. As águas utilizadas nos processos industriais acabam contaminadas com os mais diversos tipos de produtos químicos e, ao serem despejadas nos corpos receptores, contribuem para a degradação da sua qualidade e para a ocorrência de doenças de origem hídrica (World Water Council, 2000).

Segundo Pacheco (2010) após a utilização da água na indústria, como sua consequência, é praticamente certa a geração de efluentes líquidos industriais, em maior ou menor quantidade e com qualidade ou conteúdos dos mais variados, dependendo basicamente, entre outros aspectos do tipo de processo produtivo, assim como o próprio uso da água. Devido ao potencial contaminante e poluidor destes efluentes ao longo do tempo,

as legislações ambientais foram estabelecendo limites para o lançamento no ambiente de várias substâncias contidas nestes efluentes, particularmente em corpos de água.

Para Giordano (2004), as características dos efluentes industriais são inerentes a composição das matérias primas, das águas de abastecimento e do processo industrial. A concentração dos poluentes nos efluentes é função das perdas no processo ou pelo consumo de água.

Segundo Mierzwa e Hespanhol (2005), a água pode ser utilizada na indústria como fluido auxiliar: para preparações de suspensões ou soluções químicas, compostos intermediários, reagentes químicos (meio de reação), como veículo ou em operações de lavagem, a qualidade da água também varia, dependendo do contato desta com compostos químicos e de suas características físico-químicas na fonte.

As indústrias, em particular, vem realizando uso progressivo de processos de reaproveitamento da água, seja para a mesma finalidade, seja para fins diversos, mesmo que para usuários diferentes, por duas razões fundamentais, que são a economia nos custos finais de produção e a melhora da imagem da empresa no cenário nacional e internacional, marcadamente, cada vez mais preocupados com as questões que envolvem meio ambiente. (VIEGAS, 2005).

Os elevados custos da água industrial, influenciados pela curva de demanda e oferta, além dos valores cobrados para lançamento nas redes coletoras, têm levado os diversos segmentos industriais a pensarem em métodos e avaliarem cada vez mais as possibilidades de introduzirem práticas de reúso interno. Este cenário possibilitou o desenvolvimento de diversas tecnologias de tratamento de efluentes com o enfoque na obtenção de efluentes finais tratados com características satisfatórias para o reúso. (SIMATE et al., 2011).

Segundo Pacheco (2010, p.83), os efluentes líquidos industriais possuem características diversas, principalmente em função do ramo de produção industrial, da sua capacidade de produção e dos métodos de produção utilizados. eles podem apresentar aspectos e substâncias potencialmente danosas ao meio ambiente e à saúde humana.

Há efluentes industriais comuns ou semelhantes a várias indústrias, como aqueles gerados em operações das instalações de utilidades (p. ex. estações de tratamento de água, torres de resfriamento, caldeiras) e outros, bastante particulares, típicos de cada atividade ou mesmo etapa de processo industrial. Quanto aos comuns é mais fácil obter-se sua caracterização quanti e qualitativa. Quanto aos específicos, é necessário recorrer-se a eventuais fontes bibliográficas ou referências setoriais ou desenvolverem-se estudos direcionados a esta caracterização (MIERZWA, HESPANHOL, 2005, p.67).

3.7 Emissão de Gases à Atmosfera

Segundo Kinlaw (1997) as empresas preocupadas em demonstrar competências perante as organizações gerais, ofertavam produtos e serviços menos poluentes, com a intenção de permanecerem no mercado competitivo, adotando práticas processuais com a finalidade de reduzir e ou eliminar os gases nocivos que destroem a camada de ozônio.

Segundo Corraini (2008) a necessidade de sistemas de aplicação robótica foi rapidamente identificada durante várias demonstrações tendo como um dos motivos o comprometimento com meio ambiente, pois sistemas robóticos estão em conformidade com as leis de controle de poluição federais e estaduais em reduzir as emissões de gases voláteis à atmosfera.

Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo CETESB (2015) na produção industrial, os compostos orgânicos voláteis (COVs) representam a fonte de emissão mais significativa. Essa atividade emite compostos orgânicos voláteis não metanos (COVNM), provenientes das cabines de pintura, das estufas de secagem, e do sistema de limpeza dos equipamentos de aplicação de tinta. As emissões de COVNM desse segmento podem variar significativamente de fábrica para fábrica. A indústria tem investido significativamente, tomando medidas para reduzir as emissões de solventes para a atmosfera. Normalmente, a aplicação e secagem de primer e acabamento/revestimento transparente (verniz), contribuem com aproximadamente 80% das emissões de COVs provenientes do setor de pintura de automóveis. O revestimento de acabamento retoque (retificação), procedimentos de limpeza, bem como fontes adicionais (por exemplo, revestimento de peças pequenas, aplicação de proteção inferior) são responsáveis pelos 20% restantes. Aproximadamente 70 a 90% do total de emissões de COV são gerados durante a aplicação e o procedimento de secagem originários da cabine de pintura. As taxas percentuais indicadas dependem geralmente dos tipos de solventes utilizados, dos sistemas de pintura e o fator de eficiência da técnica de aplicação.

Segundo Pereira, Abreu, Azevedo e Corrêa (2004). processos industriais que empregam solventes orgânicos estão sujeitos a gerar emissões para a atmosfera que podem conter compostos nocivos à saúde como os Compostos Orgânicos Voláteis (COVs). Por serem constituídos de uma classe de poluentes com mais de 600 espécies diferentes, a emissão de COVs deve ser limitada e controlada. Os impactos dos COVs no meio ambiente vão desde problemas de saúde pública, como no caso de espécies mutagênicas e

carcinogênicas (ex.: benzeno), até a formação de poluentes secundários, como o ozônio, gerado pela reação dos COVs com óxidos de nitrogênio. Além das emissões de poluentes gerados nos motores de combustão, responsáveis por mais de 90% das emissões nas grandes cidades, as indústrias automobilísticas são responsáveis por emissões atmosféricas nos seus processos de fabricação, principalmente nos processos de pintura, em especial as que não usam processos de pintura à base d'água.

Para Corraini (2008 p.47-48) o uso de robôs para o processo de pintura aeronáutica traz uma série de benefícios como a segurança ambiental, atualmente a maioria dos sistemas manuais de pintura não se encontra em conformidade com as leis ambientais vigente no que diz respeito ao ambiente de trabalho e a taxa de emissão de gases voláteis poluentes (VOC's) emitidos à atmosfera. futuramente sabe-se que a vigilância ambiental estará cada vez mais exigente, estabelecendo menores limites de emissões de gases à atmosfera, fazendo-se cada vez mais necessária a aplicação robotizada.

3.8 Ergonomia e Saúde no Trabalho

Segundo Sorock e Courtney (1996) a excessiva exposição a movimentos repetitivos por demanda da tarefa, posturas incorretas, emprego de força, baixa temperatura, vibração e fatores psicossociais como o estresse, estão intimamente relacionados s distúrbios musculoesqueléticos, que são mais comumente denominados: lesões por esforços repetitivos (LER) ou distúrbios osteomusculares relacionados ao trabalho (DORT).

No Brasil, os casos de LER/DORT se constituem na principal causa de doença relacionada ao trabalho, contribuindo com mais de 65% dos casos reconhecidos pela Previdência Social. Este distúrbio envolve várias categorias profissionais e não somente os digitadores e trabalhadores de linha de produção, como se acreditava no início (NUSAT, 1995).

Segundo a Secretaria de Saúde do Estado de São Paulo, LER é um conjunto de afecções que podem acometer tendões, sinóvias, músculos, nervos, fâscias e ligamentos, isolada ou associadamente, com ou sem degeneração de tecidos, atingindo principalmente porém não somente - membros superiores, região escapular e pescoço, sendo de origem ocupacional e decorrente, de forma combinada ou não do uso repetitivo de grupos musculares, uso forçado de grupos musculares e manutenção de postura inadequada.

Segundo Armstrong (apud Oliveira, 1986) os dados epidemiológicos mostram que o risco de tendinites das mãos e punhos em pessoas que executam tarefas altamente repetitivas

e forçadas é de 29 vezes maior do que em pessoas que executam tarefas lentas e pouco repetitivas e forçadas.

Segundo Bergamini (1997), a melhoria da segurança, saúde e meio ambiente de trabalho, além de aumentar a produtividade, diminui o custo do produto final, pois diminui as interrupções no processo, absenteísmo e acidentes e/ou doenças ocupacionais.

Para Benite (2004), um sistema de gestão de segurança e saúde no trabalho é um conjunto de iniciativas, consubstanciadas através de políticas, programas, procedimentos e processos que integram a atividade da organização com o intuito de facilitar o cumprimento dos pressupostos legais e, ao mesmo tempo, conotar coerência à própria concepção filosófica e cultural da organização, de modo a conduzir suas atividades com ética e responsabilidade social.

Segundo Costa e Costa (2001) compostos orgânicos voláteis, como o benzeno, tolueno, xilenos, n-butanol e metilisobutilcetona são comumente encontrados no ar durante o processo de pintura, provenientes da emissão de solventes orgânicos da tinta fresca ou utilizados para dissolver ou dispersar tintas, resinas e produtos de polimentos. Estas substâncias químicas atuam predominantemente sobre o sistema nervoso central como depressoras, que dependendo da concentração e do tempo de exposição, podem causar desde sonolência, tontura, fadiga até narcose e morte.

3.9 Automação Industrial

Na atualidade, uma das estratégias das empresas serem competitivas e sustentáveis, é o investimento em automação industrial.

Para Fenerick e Volante (2020) os ganhos que a automação, em específico a robótica, traz aos processos industriais é impactante, eles aumentam a eficiência nos processos, diminuem os números de refugos, melhoram a qualidade, diminuem os custos e a mão de obra, além do aumento da segurança ergonômica dos operários

Segundo Época Negócios (2017), dados da Federação Internacional de Robótica na Coreia do Sul os números de robôs para cada 10 mil operários ultrapassam a 500 no geral, nos países como Cingapura, Japão e Alemanha a média é superior a 300 para cada 10 mil operários, na China os números equivalem a mais de 40, com a previsão de que até 2025 cheguem a margem de 150. No Brasil a avaliação é de que há 10 robôs para cada 10 mil operários.

Nas décadas de 1950 e 1970 começou-se a desenhar aquela que viria a ser considerada a terceira revolução Industrial, a revolução digital, com a proliferação e uso dos semicondutores, dos computadores, automação e robotização e em linhas de produção, com informação armazenada e processada de forma digital, as comunicações, os telefones móveis e a Internet (COELHO, 2016).

Segundo Groove (2001) os sistemas de produção automáticos podem ser divididos em três grupos:

a) Automação Fixa: que constitui em estações de trabalho especializadas em uma determinada tarefa, específica para um determinado tipo de produto. Tal processo é utilizado quando o volume de produção é muito elevado, porém, quando a vida útil de um produto é comprometida, a máquina especializada torna -se ultrapassada.

b) Automação Programada: utilizada em máquinas que podem ser programadas para usinarem vários tipos de peças sem que haja a necessidade de se interromper a produção para isto. ex: centro de usinagem de peças e os Controles Numéricos Computadorizados – CNC.

c) Automação Flexível: combina características da automação programada e da fixa, em que a flexibilidade se deve ao fato de vários tipos de produto serem fabricados, mas em sistema de batelada, ou seja, produz várias unidades de um determinado produto, em alta velocidade como no sistema de Automação Fixa, entretanto é possível produzir outros tipos de produtos, como na automação programada, entretanto, é necessário preparar o maquinário para este outro tipo de peça. ex: uma prensa onde é possível trocar o tipo para estampar vários tipos de peças.

Segundo Garcia (2008) o trabalho mecânico, cada vez mais automatizado, progressivamente, passou a exigir maior destreza das mãos, fazendo-se acompanhar da expansão e frequência mais elevada de casos de Lesão por Esforço Repetitivo (LER) e Distúrbios Osteomusculares Relacionados ao Trabalho (DORT), ainda assim, circunscritos a algumas categorias. Após a metade do século passado esse caráter e exigência do trabalho se fizeram universais, invadindo literalmente todas as atividades econômicas e sujeitando todas as categorias. Em nível de tecnologia, o que marca essa inflexão é a acelerada automação dos processos de produção, não mais mecânica, mas eletroeletrônica, simbolizada pelos robôs e computadores. No mesmo passo, a LER deixou de ser um modo de adoecimento de umas poucas categorias de trabalhadores, para ser de todas e a ocorrer tão frequentemente que se tornou um grave problema do trabalho, social e de saúde pública.

Segundo Schwab (2016), as pessoas vivem no limiar de uma quarta revolução industrial. Esta nova revolução é caracterizada pelo uso intensivo de tecnologias digitais

com o intuito de fabricar novos produtos de forma rápida, com uma ágil resposta à demanda e otimização em tempo real da produção e da cadeia de suprimentos. Dentre estas tecnologias, destacam-se Cyber-Physical Systems (CPS), a Internet of Things (IoT), a Internet of Services (IoS), robótica avançada, impressão 3D, Inteligência artificial, Big Data, Computação em nuvem e nanotecnologia.

Coelho (2016) vai além disso, ele cita que o impacto da Indústria 4.0 vai para além da simples digitalização, passando por uma forma muito mais complexa de inovação, que forçará as empresas a repensar a forma como gerem os seus negócios e processos, como se posicionam na cadeia de valor, como pensam no desenvolvimento de novos produtos e os introduzem no mercado, ajustando as ações de marketing e de distribuição.

O setor aeronáutico é muito importante e cada dia está mais acessível à população, o que indica crescimento nos próximos anos, porém com foco na sustentabilidade utilizando-se de ferramentas como a ISO14000 e a implantação de soluções que empreguem automação industrial a fim de minimizar os resíduos sólidos, emissão de gases à atmosfera bem como redução no consumo de água nos processos industriais.

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Material

Para o desenvolvimento desse trabalho foram utilizadas consultas ao sistema ERP (*Enterprise Resource Planning*), onde foram acessados os procedimentos e roteiros de produção, dados de controle do processo, planilhas de aspectos e impactos ambientais, informações referentes à periculosidade e riscos de acidentes de trabalho, banco de dados para rastreabilidade das peças, planilhas de resíduos sólidos, listas de peças e materiais, listas de equipamentos de proteção individual e coletivo, entre outros.

4.2 Metodologia

A metodologia desenvolvida nesse trabalho foi fundamentada em Estudo de Caso, em uma indústria do setor aeronáutico, no processo de pintura do avião, onde houve acompanhamento do processo de preparação e pintura *in loco*, entrevista com perguntas aos operadores, reuniões engenharia de processo, automação, ambiental, segurança e saúde, consulta aos documentos SIGMASS (Sistema Integrado de Gestão Meio Ambiente Segurança e Saúde).

O estudo foi realizado na EMBRAER S/A., localizada na cidade de São José dos Campos /SP.

4.2.1 Processo de pintura

O processo de preparação e pintura de aeronaves normalmente é realizado manualmente em grandes cabines de pintura (Figura 01), que são projetadas para isolar a área de trabalho do meio ambiente e evitar que os compostos químicos contaminem o meio ambiente, bem como para evitar que o material particulado do meio ambiente contamine o processo de preparação e pintura.

Figura 1: Cabine de pintura Industrial.



Fonte: Pinturas Lider Metalúrgica. Disponível em: <
<https://www.pinturaslider.com.br/imagens/informacoes/cabines-pintura-sp-01.jpg>, 2020 >; Acesso em 21 jun.
2019.

O processo compreende basicamente as operações de limpeza da superfície, ativação da superfície, primeiro revestimento de tinta (primer), um revestimento de tinta adicional, secagem e revestimento final de superfície (verniz). O ciclo de pintura é realizado de uma maneira substancialmente controlada e seguindo-se alguns parâmetros regulados pelo processo e o fabricante da tinta a ser aplicada, tais como temperatura do ambiente, umidade relativa do ar, fluxo de ar, pressão atmosférica, etc. As cabines de pintura industrial em geral possuem controle dos parâmetros acima automatizados, porém as operações de limpeza, lixamento, aplicação de desengraxante, aplicação de anticorrosivos, enxágue, aplicação de tinta e verniz são executadas manualmente, ou seja, a maioria das operações incidentes diretamente no produto são realizadas manualmente pelos operadores.

Os robôs industriais (Figura 02), mais utilizados no processo de pintura possuem as mesmas características mecânicas, elétricas e de controle, diferenciando-se na aplicabilidade e requisitos do processo. No caso do robô industrial de pintura, a diferença básica é uma pistola de pintura acoplada na extremidade do cabeçote para aplicação de substâncias líquidas, ou ainda um disco móvel que executa as atividades de lixamento e polimento das superfícies (Figura 03).

Figura 2: Robô industrial de pintura.



Fonte: Easy Paint Disponível em :< <https://www.igrnews.com/wp-content/uploads/2018/07/Robotic-Paint-Booth-Market-3.jpg> , 2020 >: Acesso em 21 jun. 2019.

Figura 3: Robô industrial de lixamento.



Fonte: Kuka Robots. Disponível em :< [//gebe2-et.com/wp-content/uploads/sites/2/2017/05/Pon%C3%A7age-robotis%C3%A9-nacelle-avion-GEBE2-1.jpg](http://gebe2-et.com/wp-content/uploads/sites/2/2017/05/Pon%C3%A7age-robotis%C3%A9-nacelle-avion-GEBE2-1.jpg), 2020 >: Acesso em 21 jun 2019.

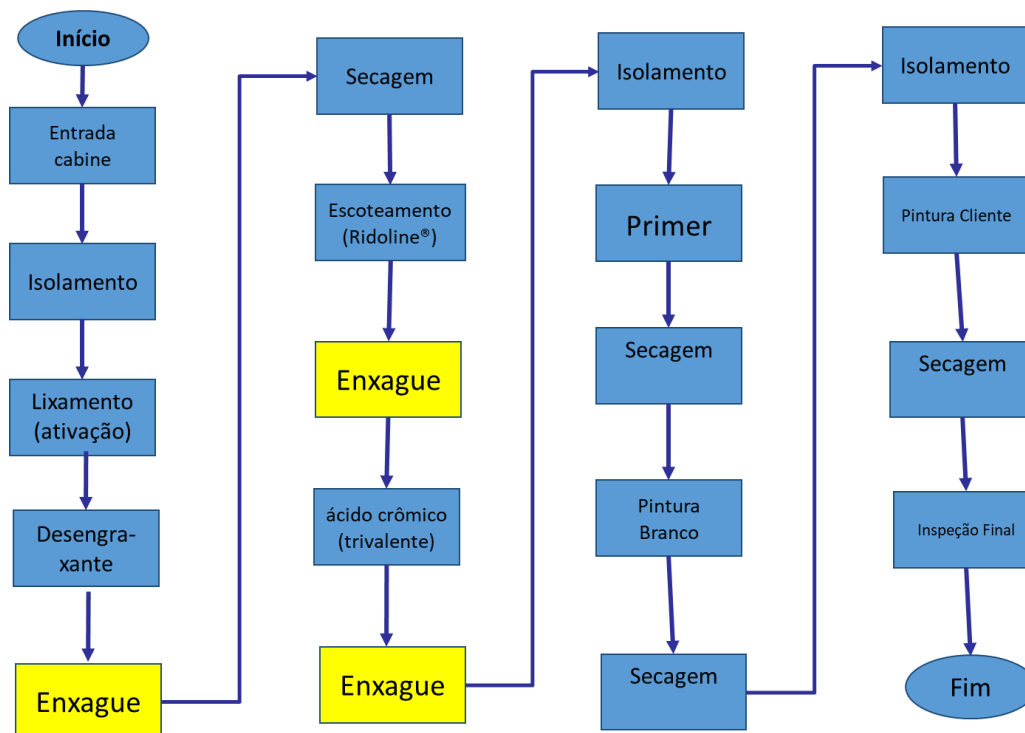
Uma das principais características de um robô é a repetitividade, com realização de trajetórias e posicionamentos precisos (0.1mm/m), possibilitando aplicação dos insumos do processo (Ridoline®, ácido crômico, água de enxágue, primer, tinta branca) uniformemente e sem sobreposição na deposição de material, com controle de pressão na pistola e ainda distância otimizada para minimizar emissão de partículas à atmosfera.

Para mensurar a geração dos resíduos sólidos, a emissão de gases à atmosfera e o consumo de água, mediu-se o volume de água tratada nos tanques da estação de efluentes (ETE) bem como o peso bruto do lodo compactado antes e depois da implantação da solução de automação industrial. Os resíduos sólidos, material particulado e os gases são carregados pela água até a ETE, refletindo diretamente na quantidade de material gerado no processo de preparação e pintura.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados e discussão são baseados no Processo de Pintura de Aeronaves, a seguir é apresentado o fluxograma do processo (Figura 04), e posteriormente sua descrição.

Figura 4: Fluxograma Simplificado do Processo de Pintura de Aeronaves.



Fonte: Autor, 2020.

Entrada Cabine: Aeronave é recebida e posicionada para iniciar atividades do processo.

Isolamento: As partes que não podem ter contato com produtos químicos devem ser protegidas e isoladas, para não sofrer reações adversas.

Lixamento: Aplicação de lixa para ativação, penetração e aderência dos agentes químicos.

Desengraxante: Aplicação de detergente especial para remoção de gordura da superfície da aeronave.

Enxague: Remoção do desengraxante e limpeza.

Secagem: Temperatura da cabine de pintura é elevada para promover evaporação dos produtos de enxague.

Escoteamento: Lixamento para remoção de partículas ainda presentes na superfície da aeronave.

Ácido Crômico: Tratamento de superfície para melhorar a resistência à corrosão.

Enxague: Remoção do excesso de ácido crômico.

Isolamento: As partes que não podem ter contato com produtos químicos devem ser protegidas e isoladas, para não sofrer reações adversas.

Primer: Aplicação da tinta de fundo para melhorar cobertura da superfície no processo de pintura.

Secagem: Temperatura da cabine de pintura é elevada para promover secagem da pintura de fundo.

Pintura Branco: Aplicação de tinta branca na superfície da aeronave.

Secagem: Temperatura da cabine de pintura é elevada para promover secagem da tinta branco.

Isolamento: Superfície próxima é envelopada para receber a pintura final e detalhes do fornecedor.

Pintura Cliente: Pintura dos detalhes e logomarca do cliente.

Secagem: Temperatura da cabine de pintura é elevada para promover secagem da tinta de logomarca.

Inspeção Final: Verificação pela qualidade do processo e pintura final.

No processamento e manufatura de qualquer produto se gera os resíduos sólidos e é muito importante classificá-los para a adequada destinação e tratamento. A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) os define como “todo material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade”. O descarte desse resíduo não significa que ele não tem mais valor, mas sim que não é mais necessário para quem o descartou. Contudo, existem grandes chances desse resíduo ainda ser útil para outras pessoas, em sua forma original ou transformado.

Cada tipo de resíduo sólido possui características específicas que irão determinar como ele deve ser manuseado, acondicionado, transportado e tratado. A gestão inadequada acarreta grandes impactos ao meio ambiente, como contaminação de corpos d’água, atração de vetores de doenças (insetos, roedores e urubus) e geração de gases poluentes, como o metano, que é considerado o principal gás de efeito estufa (GEE).

Segundo as normas da ABNT, resíduos sólidos industriais são todos os resíduos no estado sólido ou semissólido resultantes das atividades industriais, incluindo lodos e determinados líquidos, cujas características tornem inviável seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos d’água ou que exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis.

Segundo a Norma ABNT NBR 10 004 de 09/1987, os resíduos sólidos industriais são classificados nas seguintes classes:

a) Resíduos de Classe I - Perigosos - Resíduos que, em função de suas propriedades físico-químicas e infectocontagiosas, podem apresentar risco à saúde pública e ao meio ambiente. Devem apresentar ao menos uma das seguintes características: inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.

b) Resíduos de Classe II - Não Inertes - Aqueles que não se enquadram nas classificações de resíduos classe I ou classe III. Apresentam propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.

A Embraer adota um programa de coleta seletiva de resíduos denominado Programa EMBRAER de Coleta Seletiva – PECS. Os resíduos gerados nas áreas administrativas e nas áreas produtivas da empresa deverão ser segregados nos recipientes estabelecidos conforme procedimento padrão.

Caso seja enviado para disposição um resíduo descartado em desacordo com o estabelecido nesse procedimento, a carga será devolvida à área geradora, devendo está se responsabilizar pelo seu devido reenquadramento, sob orientação e acompanhamento do Centro de Soluções Integradas (CSI).

Dentro deste programa, os recipientes para descarte de resíduos são padronizados em:

a) Coletores de Resíduos Perigosos:

- Recipientes metálicos na cor laranja com 100 litros de capacidade e tampa (somente para resíduos no estado sólido), mostrado na Figura 04a.
- Recipientes metálicos (½ tambor) na cor laranja com 130 litros de capacidade (somente para resíduos no estado sólido), mostrado na Figura 04b.

Figura 5: Recipiente para resíduos sólidos perigosos.



Fonte: EMBRAER, 2019.

Figura 6: Tambor para resíduos sólidos perigosos.



Fonte: EMBRAER, 2019.

b) Coletores de Resíduos Não Perigosos:

- Recipientes de fibra com capacidade para 14, 20 e 70 litros, seguindo o código de cores estabelecido, mostrado na Figura 07.
- Código de cores: Azul: papel e papelão, vermelho: plásticos, verde escuro: vidros, Verde claro: pilhas e baterias, Amarelo: metais, Cinza: resíduos não recicláveis (outros).
- Recipientes de fibra: coletor próprio para copos descartáveis na cor vermelha.

Figura 7: Recipiente resíduos sólidos não perigosos.

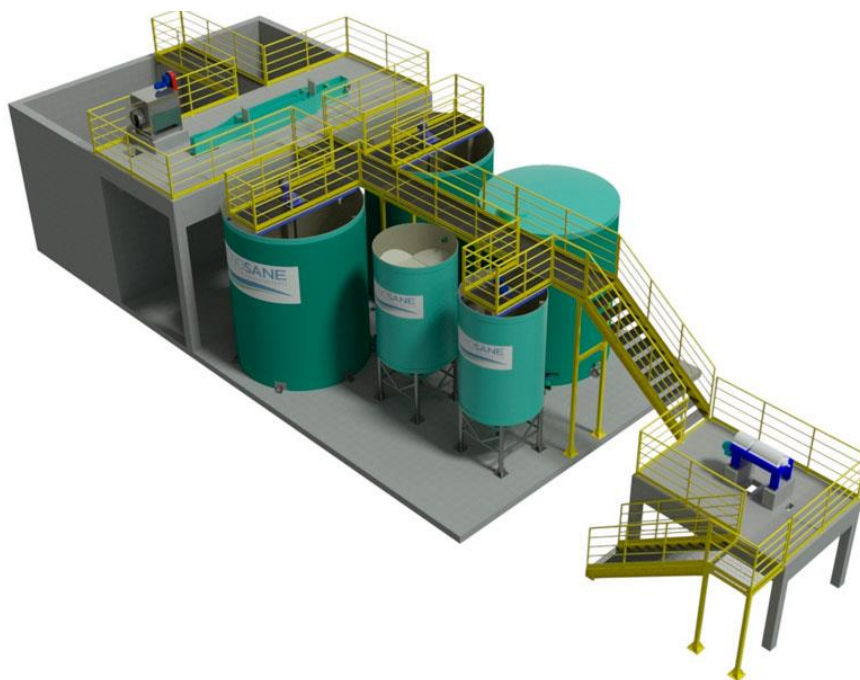


Fonte: EMBRAER, 2019.

Nas atividades de preparação e pintura de aviões, verificou-se a geração dos resíduos sólidos dos seguintes materiais: fitas adesivas, panos com solventes, lixa com ácido crômico, lixa com removedor Ridoline®, tintas poliuretano (PU), material particulado de alumínio, panos, lixas, esponjas e papel contaminados com substâncias químicas, resíduos de sabão, detergente líquido e desengraxante, resíduos de embalagens, pincéis com óleos, tintas diversas, primer e selantes. Resíduos contaminados com tinta, primer, solventes, removedor Ridoline® ou ácido crômico são classificados como resíduos perigosos, portanto descartados em tambores de cor laranja.

O material particulado e os gases emitidos durante a execução do processo de preparação e pintura são aspirados por exaustores e enviados aos lavadores de gases. Com isso, há necessidade do tratamento da água em uma estação de tratamento de efluentes industriais (figura 08). A água contaminada contém basicamente resíduos de alumínio, compostos químicos do Ridoline®, ácido crômico, primer, solventes e a tinta à base de poliuretano. Os despejos industriais gerados na EMBRAER são recebidos na estação de tratamento de efluentes e tratados por processo químico, que consiste essencialmente em precipitar os poluentes seguindo-se uma separação dos mesmos através de decantação e filtração, os resíduos desaguados são devidamente destinados, enquanto que a água clarificada segue para o tratamento biológico.

Figura 8: Estação de Tratamento de Efluentes Industriais.



Fonte: Tecnosane. Disponível em: < <http://www.tecnosane.com.br/?product=etei-estacao-de-tratamento-de-efluentes-industriais>, 2019 >; Acesso em 21 jun. 2019.

A destinação de resíduos sólidos industriais (Figura 9) deve ser realizada por empresas especializadas nesse tipo de serviço e que possuam tecnologias que atendam às necessidades específicas de cada resíduo (CETESB). Além disso, a empresa responsável pela destinação deverá fornecer um certificado atestando o correto encaminhamento dos resíduos para tratamento ou destinação final.

Figura 9: Resíduo Sólido Borra de tinta.



Fonte: Laxtar Disponível em:< <http://www.laxtar.com/blog/categoria/artigos-5/tratamento-fisico-quimico-do-overspray-3> >; Acesso em 21 jun. 2019.

Com base nos processos, aspectos ambientais e requisitos legais aplicáveis, o Plano de Monitoramento foi estabelecido, implementado e documentado, levando em consideração:

- Aspecto ambiental que será monitorado;
- Parâmetros que serão medidos e limites que precisam ser atendidos;
- Metodologia aplicada para a realização do monitoramento e medição;
- Periodicidade do monitoramento e medição;
- Requisitos legais aplicáveis;
- Local onde os registros são mantidos.

Os aspectos ambientais considerados no Plano de Monitoramento são:

- Água superficial
- Água subterrânea
- Efluente
- Emissão atmosférica: fontes móveis e estacionárias
- Ruído externo

Os equipamentos de monitoramento e medição deverão ser calibrados e seus laudos mantidos, cabendo à área de meio ambiente manter registro dos certificados de calibração, ainda deverá analisar os resultados das medições efetuadas, confrontando-os com os limites

prescritos nos requisitos legais vigentes. Caso algum parâmetro medido não atenda aos limites prescritos, um relatório de não conformidade deverá ser feito.

Entre os produtos químicos utilizados no processo de preparação e pintura, os mais críticos para a segurança e saúde são: Ridoline®, Rodhiasolv®, Dinitrol®, primer e ácido crômico. O Ridoline® é um desengraxante utilizado para realizar a limpeza e remover partículas orgânicas e inorgânicas da superfície de alumínio, o Rhodiasolv® é um concentrado para limpeza industrial de uso geral, como desengorduramento, limpeza de pistolas de tinta, limpeza de utensílios de pintura, limpeza de aeronaves, etc.

O Dinitrol® é um anticorrosivo utilizado para proteção do alumínio aplicado nas áreas mais expostas da aeronave, o primer é uma tinta que facilita a adesão da camada de acabamento à superfície, com a formação de uma camada de ligação para receber tinta de acabamento final. É desenvolvido de modo a poder maximizar propriedades de enchimento, aderência e proteção anticorrosiva e, por fim, tem-se o ácido crômico, utilizado na preparação do processo de pintura. O ácido crômico tem por finalidade a passivação de áreas expostas entre os cristais e consequente fechamento dos poros. Essas substâncias químicas podem causar doenças respiratórias crônicas e há relatos de doenças como câncer.

Para cada operação do processo de preparação e pintura, foram identificados os aspectos, impactos ambientais e respectivo controle de acordo com o resíduo sólido gerado conforme Tabela 1.

Tabela 1: Impactos dos resíduos sólidos.

Material	Descrição da atividade	Aspecto Ambiental	Impacto Ambiental	Controles
Álcool, sabão, detergente líquido, desengraxante:	<ol style="list-style-type: none"> 1) Acabamento de áreas e peças diversas; 2) Inscrição técnica em peças diversas; 3) Limpeza das mãos, EPIs, peças e áreas diversas; 4) Pintura de partes da aeronave e aeronave; 5) Polimento do avião; 6) Preparação de tinta; 7) Proteção de áreas; 	Geração de resíduos de solventes e produtos químicos diversos.	Contaminação do solo e água.	Descarte do tambor.

	<p>8) Retoque de falhas na pintura;</p> <p>9) Vedação de partes da aeronave.</p>			
<p>Embalagens, papéis, plásticos, panos, pincéis, espátulas, fitas, entre outros contaminados com óleos, tintas, solventes e selantes:</p>	<p>1) Acabamento de áreas e peças diversas;</p> <p>2) Aplicação de filme;</p> <p>3) Colagem de peças e materiais diversos;</p> <p>4) Colocação de luvas (Talco);</p> <p>5) Correção de defeitos na chapa;</p> <p>6) Decapagem do avião;</p> <p>7) Desengraxe de partes e peças do avião;</p> <p>8) Desmoldagem de peças;</p> <p>9) Diluição de selante e Molikote;</p> <p>10) Fixação de peças e materiais diversos;</p> <p>11) Inscrição técnica em peças diversas;</p> <p>12) Limpeza das mãos, EPIs, peças e áreas diversas;</p> <p>13) Melhorar a aderência de superfícies para pintura;</p> <p>14) Pintura de peças diversas;</p> <p>15) Polimento do avião;</p> <p>16) Preparação de materiais diversos;</p>	<p>Geração de resíduos diversos contaminados com óleos, graxas, tintas, solventes e selantes.</p>	<p>Contaminação do solo e água.</p>	<p>Descarte coletor laranja.</p>

	<p>17) Proteção de áreas e peças diversas;</p> <p>18) Retoque de falhas de peças diversas;</p> <p>19) Vedação de peças diversas;</p> <p>20) Fiação de ferramentas diversas;</p> <p>21) Remoção de tintas de peças diversas</p>			
	<p>1) Afiação de ferramentas diversas;</p> <p>2) Remoção de tintas de peças diversas</p>	Geração de material particulado	Contaminação do solo	Descarte coletor laranja
Tintas diversas	<p>1) Pintura do avião</p> <p>2) Retoque da pintura do avião (Primer)</p> <p>3) Pintura dos adesivos (Tintas TDC)</p>	Geração de borras de tintas diversas	Contaminação do solo.	Descarte coletor cinza.
Materiais diversos	<p>1) Colagem de peças e materiais diversos;</p> <p>2) Identificação de bombonas e peças diversas;</p> <p>3) Proteção de áreas e de peças;</p> <p>4) Fixação de peças e materiais diversos;</p> <p>5) Cortar materiais diversos;</p> <p>6) Remover excesso de produtos químicos;</p> <p>7) Isolamento.</p>	Geração de resíduos de materiais de apoio não contaminados.	Contaminação do solo.	Não existe por parte do meio ambiente.

Produtos químicos	1) Descarte de produtos químicos (bombonas plásticas)	Geração de bombonas plásticas.	Contaminação do solo.	Descarte tambor.
-------------------	-------------------------------------------------------	--------------------------------	-----------------------	------------------

Fonte: EMBRAER (2006).

No processo de preparação e pintura, são identificados e classificados os resíduos sólidos gerados com foco em analisar os perigos e riscos de segurança e saúde, seguindo as orientações do Sistema de Gestão Ambiental (SIGMASS), Sistema Integrado em Meio Ambiente, Saúde e Segurança no Trabalho. A Embraer busca, por meio da melhoria contínua dos seus processos, se consolidar como uma empresa sustentável. Esta política visa nortear as ações de meio ambiente, segurança e saúde no trabalho de todas as empresas do grupo Embraer a fim de garantir que suas atividades sejam realizadas conforme os seguintes princípios (EMBRAER, 2019):

- O reconhecimento que o meio ambiente, a segurança e a saúde no trabalho constituem prioridade da Empresa, refletindo-se em suas atividades, produtos e serviços.
- O atendimento aos requisitos legais e outros requisitos ambientais, de saúde, segurança do trabalho e prevenção contra incêndios e emergências aplicáveis ao negócio da Companhia.
- A busca pelo aperfeiçoamento contínuo dos sistemas e desempenho em meio ambiente, saúde e segurança como parte integrante da estratégia operacional, constituindo uma referência para o estabelecimento e revisão de objetivos e metas.
- A capacitação contínua das pessoas para o entendimento da sua responsabilidade quanto à proteção do meio ambiente, à segurança e à saúde no trabalho.
- A manutenção de canais de comunicação transparente com as partes interessadas, no que se refere a aspectos de meio ambiente, segurança e saúde no trabalho.
- A proteção do meio ambiente, incluindo a prevenção e combate à poluição, o respeito à biodiversidade e a preocupação com as mudanças climáticas.
- O gerenciamento do ciclo de vida dos produtos e serviços buscando oportunidades de melhoria em todas as fases e processos.
- O comprometimento com a prevenção de acidentes, lesões e doenças ocupacionais garantindo que os postos de trabalho estejam em conformidade com requisitos de saúde, segurança no trabalho e ergonomia.

De acordo com cada atividade do processo de preparação e pintura de aeronaves, identificam-se os perigos aos quais os operadores estão sujeitos ao executá-las, bem como o risco ou a probabilidade da ocorrência. Os perigos são classificados em: químicos, físicos, ergonômicos, biológicos e acidentes; já os riscos são classificados em baixa, média e alta probabilidade de ocorrência.

Para cada perigo e risco há uma ação administrativa, equipamentos de proteção individual e coletivo para mitigar a probabilidade de ocorrência. As medidas administrativas são suportadas por treinamentos operacionais, procedimentos normativos de manuseio, informativos de segurança, monitoramento e medição. Os treinamentos compreendem trabalho em altura (NR 35), comportamento seguro, proteção respiratória e ensaio de vedação, ergonomia - conceitos básicos, ergonomia para área de produção. Ainda para suportar as medidas administrativas têm-se os procedimentos normativos com programa de proteção respiratória, controle microbiano alimentar e ambiental, programa de conservação auditiva, programa de prevenção de riscos ambientais, monitoramento e medição.

Dentre os procedimentos normativos destaca-se o programa de proteção respiratória, com o objetivo de manter meios de proteção adequados aos empregados que manuseiam produtos químicos, fornecendo o respirador conveniente e apropriado para o fim desejado, estabelecimento e manutenção do programa de uso de respiradores para proteção respiratória, avaliar, especificar, fornecer, testar e trocar os equipamentos de proteção respiratória. A Embraer convoca para a realização de exames laboratoriais os empregados que trabalham de maneira habitual com produtos químicos em concentrações iguais ou acima do Nível de Ação.

Outro destaque é o Programa de Prevenção de Riscos Ambientais (PPRA), elaborado e de responsabilidade da Engenharia Ocupacional e Meio Ambiente, que tem como objetivo definir diretrizes, estratégias sistemáticas e metodologias a serem implementadas na sua elaboração e execução. O PPRA é responsável por mapear os agentes existentes no ambiente de trabalho e realizar/providenciar as avaliações desses agentes; avaliar os resultados das medições dos agentes ambientais e definir o grau de risco; definir, em conjunto com as áreas, ações para minimização do grau de risco; divulgar os resultados das avaliações bem como das ações definidas para minimização do grau de risco; acompanhamento das ações; manter atualizada a planilha de monitoramento do PPRA Planilha de Perigos e Riscos de Acidentes nos sistemas da Embraer; realizar análise crítica anual do desenvolvimento do PPRA; realizar o acompanhamento clínico, exames laboratoriais e/ou audiométricos dos

empregados que trabalhem de maneira habitual expostos a agentes ambientais acima do Nível de Ação.

Medida administrativa muito importante é o monitoramento e medição de índices de qualidade da atmosfera na cabine de pintura, são monitoradas as emissões atmosféricas e avaliado o teor de fuligem com a escala de Ringelmann (figura 10), utilizada para avaliação colorimétrica de densidade de fumaça, constituída de seis padrões com variações uniformes de tonalidade entre o branco e o preto.

Figura 10: Escala de Ringelmann



Fonte: Disponível em :< <https://1.bp.blogspot.com/-igoIkGKuBRQ/UobYjtnA3II/AAAAAAAAABaE/t9wl-QfIXi8/s1600/escala-ringelmann-reduzida.png> >: Acesso em 21 jun2019.

Para minimizar os perigos e riscos são utilizados equipamentos de proteção individual (EPI's) e coletivos (EPC's) de acordo com a atividade realizada ou exposição dos operadores. São utilizados os seguintes equipamentos de proteção individual:

- Macacão proteção com ar mandado, ilustrado na Figura 11
- Luvas de látex
- Macacão de proteção
- Equipamentos de proteção respiratória, ilustrado na Figura 12
- Luvas de procedimento e helanca
- Protetor auricular
- Óculos de segurança
- Respirador
- Calçado de segurança
- Luva resistente a corte
- Cinto de segurança tipo paraquedista com prolongador

Figura 11: Macacão de proteção com ar mandado.



Fonte: American Alloys. Disponível em :< https://encrypted-tbn0.gstatic.com/images?q=tbn%3AANd9GcRAIYTYA3MkmmuzCKPk-SAUKC_aosHLcws6ESI688Ana6VuGO1p&usqp=CAU, 2020 >: Acesso em 21 jun. 2019.

Figura 12: Equipamentos de proteção respiratória.



Fonte: Estúdio Gás. Disponível em :< https://www.estudiogas.com.br/media/sig_8TSAxx9357/produtos/protecao-respiratoria/protecao-respiratoria-07.jpeg >: Acesso em 21 jun. 2019.

Para os equipamentos de proteção coletiva têm-se:

- Sistema de exaustão, ilustrado na Figura 13;
- Sistema de ar condicionado, ilustrado na Figura 14;
- Sinalização (isolamento, placas, faixas e etiquetas)
- Falso piso
- Guarda corpo

Figura 13: Sistema de exaustão.



Fonte: Air Link Filtros Industriais. Disponível em:<
<https://mlcn6in7bvcs.i.optimole.com/w:864/h:415/q:75/https://www.airlinkfiltros.com.br/wp-content/uploads/2017/10/1-ventilacao-industrial.jpg>> Acesso em 21 jun. 2019.

Figura 14: Sistema de ar condicionado.



Fonte: Basenge. Disponível em
:< <https://www.basenge.com.br/imagens/informacoes/sistema-ventilacao-industrial-06.jpg>
>: Acesso em 21 jun 2019.

Dentro da solução implantada na automação do processo de preparação e pintura de aeronaves, a ação de maior relevância na redução dos impactos ambientais e riscos de acidentes ocupacionais foi a inserção do robô industrial para substituir a maioria das operações manuais que incidiam diretamente no produto, principalmente lixamento (figura 14), enxágue, tratamento de superfície (figura 15) e pintura (figura 16). Estas operações, quando realizadas manualmente, consomem altas quantidades de insumos, geram grandes quantidades de resíduos sólidos, demandam necessidade de tratamento de grandes volumes de efluentes e destinação adequadas de resíduos sólidos.

Outros fatores que foram minimizados com a inserção do robô e devem ser destacados são a grande quantidade de esforços repetitivos, o trabalho em ambientes expostos a gases, substâncias químicas e material particulado e o fato dessas atividades serem realizadas muitas vezes em pontos de difícil acesso e alturas superiores a 2 metros (figura 16).

Figura 15: Operação de lixamento manual.



Fonte: Prefeitura São José dos Campos. Disponível em :<
https://servicos.sjc.sp.gov.br/servicos/noticias_adm/pmsjc_imagens/noticias/201706/F00038720g.jpg >:

Acesso em 21 jun. 2019.

Figura 16: Operação de enxágue manual.



Fonte: CBRN Aircraft Decontamination. Disponível em:<
https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/e/e6/CBRN_Aircraft_Decontamination%2C_Spain%2C_Trident_Juncture_15_%2822675755595%29.jpg >: Acesso em 21 jun. 2019.

Figura 17: Operação de aplicação de tintas.



Fonte: AIN online. Disponível

em: < <https://www.ainonline.com/sites/default/files/uploads/2012/jetaviationpaint.jpg> >: Acesso em 21 jun. 2019.

Figura 17: Pintura em regiões de difícil acesso e alturas elevadas.



Fonte: Rack CDN. Disponível em: < https://c5dd57fd9022a24b6fb9-71c5b2fa223735c2037fe72e7d4ea3f.ssl.cf3.rackcdn.com/20181018_boeing_737-800_during_coating_process_1.jpg >: Acesso em 21 jun. 2019.

Um dos grandes desafios da indústria aeronáutica é a redução de peso da aeronave, o processo de pintura automatizado, possibilitou a redução de 15 kgf na aeronave, com base nesse dado foi estimado a redução dos impactos ambientais. A capacidade de realizar trajetórias de deposição de tinta sem sobreposição permitiu aplicação de menor quantidade de tinta no produto. Outra característica do processo automatizado é a minimização dos materiais do processo, como tintas, solventes, desengraxantes, antioxidantes entre outros que eram lançados à atmosfera por overspray.

Segundo Corrainni (2008) a aplicação robotizada versus a manual reduz a emissão de gases voláteis poluentes resultantes da névoa de tinta excedente (*overspray*) da pintura para a atmosfera e ainda o gera menor volume de tintas e solventes residuais do processo de pintura que são lançados em rios, águas pluviais ou direcionados para estações de tratamento de efluentes.

A automação do processo de pintura possibilitou em redução de 65% resíduos sólidos, tendo em vista que para cada aeronaves reduziu-se o peso em 15 kg e considerando a densidade da tinta em 1,5 kg/l conforme especificação técnica Resicolor® para Primer a base de poliuretano, pode-se estimar redução no consumo de tinta em aproximadamente 22,5 l. As tintas são armazenadas em embalagens com capacidades de 3.75 l, portanto são no mínimo 7 unidades, tendo em vista que sempre há resíduos nas embalagens após o uso. A Embraer produz em média 200 aeronaves por ano, ou seja, são aproximadamente 1400 latas de tinta a menos para serem descontaminadas antes do descarte. É importante lembrar que há toda uma cadeia para destinação adequada dessas embalagens desde o espaço para armazenamento até o transporte e destinação final dessas latas de tintas.

Verificou-se redução de 40% de gases emitidos à atmosfera e a partir desses dados pode-se concluir também a redução dos impactos, principalmente por *overspray*, que tem como indicador muito sensível o alcance da visibilidade no interior da cabine de pintura, devido a redução da névoa de tinta e compostos químicos. Outro indicador da redução de gases na atmosfera, foi a diminuição do forte cheiro de produtos químicos que irritavam as mucosas dos olhos e nariz. Os gases e partículas de tinta que contaminavam a atmosfera da cabine de pintura eram removidos via exaustor e enviados aos lavadores de gases, onde estas aderiam as gotículas de água e assim permitiam a descontaminação do ar, porém gerava-se a necessidade de tratamento e decontaminação da água. A água agora contaminada com partículas de tinta e compostos químicos era enviada à Estação de Tratamento de Efluentes (ETE), onde após tratamento tinha-se como resíduo sólido a borra de tinta. Apesar da borra de tinta ser reutilizada em fornos industriais, necessitavam de processo logístico para transporte. Com a implantação da solução de automação houve redução média de aproximadamente noventa por cento do volume de borra de tinta na ETE.

Houve redução de 60% do consumo de água e os impactos gerados pelo alto consumo também foram mitigados, uma vez que as operações de enxague passaram a ser realizadas pelo robô. Assim como para aplicação de tinta, a possibilidade de controle preciso da trajetória possibilitou utilizar a quantidade de água adequada à operação reduzindo drasticamente o desperdício de água. Não há um hidrômetro independente para medição do

volume de água na cabine de pintura, mas verificou-se redução de 0,1% no consumo total de água de toda a fábrica, isso significa que todo esse grande volume de água que não foi consumida no processo, também deixou de ser encaminhada à ETE.

Outra redução de impacto muito importante verificou-se na minimização (zero ocorrências) de afastamento dos operadores ocasionadas por lesões de esforços repetitivos (LER) e por problemas respiratórios, uma vez que os operadores foram removidos da área insalubre.

6 CONCLUSÕES

A implantação da solução de automação da cabine de pintura de aeronaves é uma excelente alternativa para melhoria dos processos industriais principalmente na minimização dos impactos ambientais ocasionados pelos resíduos sólidos, emissão de gases à atmosfera, consumo de grandes volumes de água e para saúde dos profissionais.

A princípio quando foi realizado a proposta de automação da cabine de pintura, houve-se muita resistência principalmente pelos altos investimentos, não verificavam-se os ganhos ambientais além da melhoria do processo e qualidade do produto.

Observa-se a necessidade de aplicação de uma metodologia para mensurar custos ambientais pela minimização dos impactos, fator esse que motivaria a implantação de outras soluções de automação na fábrica.

A participação do engenheiro ambiental é fundamental na busca pelas melhores soluções em processos industriais principalmente pela visão desvinculada das praticadas na maioria das fábricas, onde os ganhos e oportunidades são focados na redução de custos, produtividade e qualidade do produto deixando despercebidos ou ocultos os ganhos ambientais que muitas vezes são os de maiores retorno financeiro.

A implantação de soluções automatizadas podem ser uma importante ferramenta na resolução da problemática de geração de resíduos sólidos, conseqüentemente tornando os processos produtivos e as empresas mais sustentáveis. A inserção do robô na cabine de pintura permitiu remover os operadores do ambiente insalubre, melhorar a qualidade do produto, reduzir o ciclo de produção e principalmente redução dos impactos ambientais gerados no processo.

REFERÊNCIAS

ABEAR ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS EMPRESAS AÉREAS, Panorama 2018, O Setor Aéreo em Dados e Análises. Disponível em: <http://panorama.abear.com.br/a-aviacao-no-mundo/introducao/>. Acesso em: 07/04/2020.

ABRELPE, PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS NO BRASIL 2020. Disponível em: <https://abrelpe.org.br/panorama/> Acesso em: 02/04/2020.

AIR TRANSPORT ACTION GROUP, **Aviation: Benefits Beyond Borders**, Jul. 2016. Disponível em: https://aviationbenefits.org/media/149668/abbb2016_full_a4_web.pdf >. Acesso em: 02/04/2020.

ANPEI NEWS. **Embraer integra o Índice Dow Jones de Sustentabilidade pelo oitavo ano consecutivo**. 2017. Disponível em: <http://anpei.org.br/embraer-integra-o-indice-dow-jones-de-sustentabilidade-pelo-oitavo-ano-consecutivo/> >:acesso em 27/09/19

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 10004:2004**, Resíduos sólidos - Classificação, Rio de Janeiro-RJ, 2004. Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=936> >. Acesso em: 02/04/2020.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, **NBR 14001:2015**, Sistemas de gestão ambiental, Requisitos com orientações para uso, Rio de Janeiro, RJ, 2015, Disponível em: <https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=345116> >. Acesso em: 02/04/2020.

BARBIERI, M.; ARAÚJO, R.D.D; MELLO, C.H.; MARQUES, R., **Relatório de Acompanhamento Setorial Indústria Aeronáutica**, Volume 1, (2008), Agência Brasileira de Desenvolvimento Industrial, Núcleo de Economia Industrial e da Tecnologia do Instituto de Economia da Universidade Estadual de Campinas (ABID/UNICAMP), Disponível em: https://www3.eco.unicamp.br/Neit/images/stories/arquivos/RelatorioABDI/aeronautica_vo1-I_marco2008.pdf >. Acesso em: 02/04/2020.

BANSAL, P.; ROTH, K. Why companies go green: A model of ecological responsiveness, *Academy of Management Journal*, v. 43, n. 4, p. 717-736, 2000. Disponível em: <https://www.jstor.org/stable/1556363?seq=1> >. Acesso em: 02/04/2020.

BOTELHO, T., **Responsabilidade social e ambiental: reação do mercado de ações brasileiras**. 2006.78 f. Dissertação (Mestrado em Administração), Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro – PUC, Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/9058/9058_1.PDF>. Acesso em: 29/03/ 2020.

BRASIL, Lei Federal nº 12.305, de 02 de agosto de 2010, **Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos**; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências, Brasil, DF, agosto, 2010. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/112305.htm>. Acesso em: 29/03/ 2020.

BRUNDTLAND G. H., **Our Common Future**, Report of the World Commission on Environment and Development , United Nations, 1987. Disponível em:< https://netzwerk-n.org/wp-content/uploads/2017/04/0_Brundtland_Report-1987-Our_Common_Future.pdf >. Acesso em: 02/04/2020.

BRUSEKE, Franz J. et al. O Problema do Desenvolvimento Sustentável. In: CAVALCANTI, Clóvis. **Desenvolvimento e Natureza**: Estudos para uma sociedade sustentável. 2. ed. São Paulo: Cortez Editora, 1995. Cap. 2, p. 29-37.

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.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO, **Aterro Sanitário** - Definições, Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/biogas/aterro-sanitario/>>. Acesso em: 02/04/2020.

COELHO, P. M. N. N. **Rumo à Indústria 4.0**. 2016. Coimbra, Portugal: Universidade de Coimbra: 2016. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10316/36992>>. Acesso em: 28/05/2019.

COPELIOVITCH, S. Competitividade da indústria de equipamentos de automação industrial: nota técnica do estudo da competitividade da indústria brasileira. Campinas: UNICAMP-IE/UFRJ-IEI.

CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE, RESOLUÇÃO CONAMA nº 313, de 29 de outubro de 2002, Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais. Disponível em: <<http://www.iap.pr.gov.br/arquivos/File/Legislacao/residuos/CONAMA3132002.pdf>>. Acesso em: 02/04/2020.

ÉPOCA NEGÓCIOS. **Indústria instala 1,5 mil robôs por ano**. 2017. Disponível em:< <https://epocanegocios.globo.com/Tecnologia/noticia/2017/08/epoca-negocios-industria-instala-15-mil-robos-por-ano.html> > Acesso em: 28 de jan. 2021.

FARIA, A. C.; PEREIRA, R. S. **Os Custos na Logística Reversa de Embalagens de Agrotóxicos Pós-consumo**: Estudo de Caso do INPEV. In: Congresso Brasileiro de Custos, XIV, 2008, Curitiba. Anais, Curitiba: ABC, 2008. CD ROM. Disponível em:< <https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/viewFile/1272/1272> >. Acesso em 02/04/2020.

FENERICK J. A.; VOLANTE C.R. **A evolução das indústrias, os benefícios da automação e as perspectivas do mercado da robótica no Brasil e no mundo**. 2020.

Taquaritinga-SP. FATEC. Disponível em:<

<https://revista.fatectq.edu.br/index.php/interfacetecnologica/article/view/805/510> >:Acesso em 28 jan 21.

FERREIRA, A. B. H. **Dicionário Aurélio básico da língua portuguesa**. Rio de Janeiro: Nova Fronteira, 1988. 687p.

FERRON, R.T., **A aplicação da NBR ISO 14001:2004 e lucratividade: uma análise experimental**, 2009, 41 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Contábeis), Fundação Instituto Capixaba de Pesquisas em Contabilidade, Economia e Finanças– FUCEPE, Vitória, ES, 2009. Disponível em <[http://legado.fucepe.br/_public/producao_cientifica/8/Dissertacao%20Renato%20Togner e.pdf](http://legado.fucepe.br/_public/producao_cientifica/8/Dissertacao%20Renato%20Togner%20e.pdf)>. Acesso em: 02/04/ 2020.

FONSECA, E. **Iniciação ao Estudo dos Resíduos Sólidos e da Limpeza Urbana**, 2ª ed. – [S/Cidade], JRC Editora, 2001.

Foster, A., Roberto, S. S., Igari, A. T. **Economia circular e resíduos sólidos: Uma revisão sistemática sobre a eficiência ambiental e econômica**. In: Encontro Internacional Sobre Gestão Empresarial e Meio Ambiente, 2016, São Paulo. Anais... 2016. p. 1 - 17. Disponível em:< <https://goo.gl/UPp78n>. >: Acesso em: 30/01/2021.

GARCIA. M. V. R. **Aplicação da Metodologia Seis Sigma para Melhoria de Processo Utilizando Automação Industrial**.2008. 96 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica), Universidade de Taubaté, Taubaté, SP, 2008. Disponível em:< <http://livros01.livrosgratis.com.br/cp116054.pdf> >. Acesso em: 02/04/2020.

GIORDANO G. **Tratamento e Controle de Efluentes Industriais**. Apost. EI-2004. Disponível em:< <https://www.docsity.com/pt/tratamento-e-controle-de-efluentes-industriais-2/4782537/#:~:text=As%20caracter%C3%ADsticas%20dos%20efluentes%20industriais,ou%20pelo%20consumo%20de%20%C3%A1gua.> >: acesso em 10/04/20.

GROOVER, M. P. **Automation, Production Systems, and Computer-Integrated Manufacturing**. 2 ed. Londres: Prentice Hall, 2001. Disponível em:< <https://aerocastle.files.wordpress.com/2012/08/automationproduction-systems-and-cim-groover2001.pdf> >. Acesso em: 02/04/2020.

GUO, H. et al. Source Characterization of BTEX in Indoor Microenvironments in Hong Kong, *Atmospheric Environmental*, v. 37, n. 1, p. 73-82, 2003. Disponível em:< https://www.researchgate.net/publication/222297456_Source_characterization_of_BTEX_in_indoor_microenvironments_in_Hong_Kong >. Acesso em: 03 abril, 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA, IPEA. **Panorama e perspectivas para o transporte aéreo no Brasil e no mundo**. (2010). Disponível em:< http://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/4407/1/Comunicados_n54_Panorama_perspectivas.pdf>. Acesso em: 30 janeiro, 2021.

JACOBI, P. **Meio ambiente e redes sociais: dimensões intersetoriais e complexidade na articulação de práticas coletivas**, São Paulo: Universidade de São Paulo, 2009. Disponível em:< <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/rap/article/view/6353> >. Acesso em: 01/04/2020.

JOÃO W. S. J. **Sobre a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Conselho Federal de Farmácia. 2011. Disponível em: <
http://www.cff.org.br/sistemas/geral/revista/pdf/131/029_artigo_dr_walter.pdf >. Acesso em: 09/04/2020.

KAMINSKI F. H. C. **Análise Crítica da Norma ABNT NBR 10004:2004 Resíduos Sólidos Classificação**, 2007, 102 f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia Ambiental), Instituto de Pesquisas Tecnológicas do Estado de São Paulo, São Paulo, SP, 2007. Disponível em:<
http://cassiopea.ipt.br/teses/2007_TA_Fernanda_Heinz_Cruz_Kaminski.pdf >. Acesso em: 02/04/2020.

KOZAK, P. A. et. al. Identificação, quantificação e classificação dos resíduos sólidos de uma fábrica de móveis, **Revista Acadêmica Ciência Agrária Ambiental**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 203-212, abr./jun. 2008. Disponível em:<
<https://periodicos.pucpr.br/index.php/cienciaanimal/article/download/10478/9875> >. Acesso em: 02/04/2020.

LEFF, E. **Racionalidade ambiental: a reapropriação social da natureza**, Rio de Janeiro: Civilização Brasileira, 2006. Disponível em:<
https://books.google.com.br/books?id=OduBGguSPAgC&printsec=frontcover&hl=fr&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false >. Acesso em: 02/04/2020.

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

MACHADO, M. R.; MACHADO, M. A. V.; CORRAR, L. J. **A Relação entre investimentos sociais e desempenho financeiro**. In: Congresso Brasileiro de Custos, XIV – Curitiba. Anais, Curitiba: ABC, 2008, CD ROM. Disponível em:<
<https://anaiscbc.emnuvens.com.br/anais/article/view/1257> >. Acesso em: 02/04/2020.

PADOVANI, R. A corrida da indústria 4.0, Revista Fapesp, ed. 259, set.2017. Disponível em:< <https://revistapesquisa.fapesp.br/2017/09/22/a-corrida-da-industria-4-0/>>. Acesso em: 07/04/2020.

PAIVA, P. R. **Contabilidade Ambiental: Evidenciação dos Gastos Ambientais com Transparência e Focada na Prevenção**. São Paulo: Atlas, 2006. Disponível em:<
https://books.google.com.br/books/about/Contabilidade_ambiental.html?id=PxU5AAAACAAJ&source=kp_book_description&redir_esc=y >. Acesso em: 25/03/2020.

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. Recife: CBESA, 2009. Disponível em:<

http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR1005_0516.pdf >. Acesso em: 02/04/2020.

POTRICH A. L.; TEIXERA 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**, São Leopoldo, RS, v. 3, n. 3, p.162-175, out/dez, 2007. Disponível em:<
http://revistas.unisinos.br/index.php/estudos_tecnologicos/article/view/5800/2974 >:acesso em 02/04/2020.

SANCHES, C. S. **A Evolução da Prática Ambiental em Empresas Industriais: Algumas considerações sobre o estado atual da arte e o caso brasileiro**. São Paulo: FGV, 1996. Disponível em:< <https://bibliotecadigital.fgv.br/dspace/handle/10438/5043> >. Acesso em: 02/04/2020.

SAUNDERS, T.; MCGOVERN, L. **The bottom line of green is black**, 10 ed, New York: Harper Collins, 1997. Disponível em:<
https://www.goodreads.com/book/show/383553.The_Bottom_Line_of_Green_is_Black >. Acesso em: 02/04/2020.

SANTOS, S.A.R. **Proposta de reúso não potável de efluente industrial na indústria automobilística: estudo de caso para fábrica de cabines de caminhões**. Disponível em:< <https://acervodigital.ufpr.br/handle/1884/45766> >:acesso em 26 jan 21.

SCHWAB, Klaus. **The Fourth Industrial Revolution**. Genebra: World Economic Forum, 2016.

SCHALTEGGER, S.; BURRIT T, R. **Contemporary environmental accounting: issues concepts and practice**. Sheffield, UK: Greenleaf Publishing Limited, 2000. Disponível em:<
https://www.researchgate.net/publication/280204884_BOOKS_Contemporary_Environmental_Accounting_Issues_Concepts_and_Practice20011_BOOKS_Contemporary_Environmental_Accounting_Issues_Concepts_and_Practice_ISBN_Hardback_ISBN_1_874719_34_9Paperback_ISBN_1_>. Acesso em: 02/04/2020.

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. Disponível em:<
http://www.abepro.org.br/biblioteca/ENEGEP2003_TR1004_1263.pdf >. Acesso em: 02/04/2020.

SISINNO, C. L. S.; OLIVEIRA, R. M. **Resíduos sólidos, ambiente e saúde: uma visão multidisciplinar**, Rio de Janeiro: Editora Fiocruz, 2000. Disponível em:<
<https://pesquisa.bvsalud.org/portal/resource/pt/mis-111> >. Acesso em: 02/04/2020.

SMITH, M. JR. **The airline encyclopedia, 1909–2000**. Lanham: The Scarecrow Press, 2002. Disponível em:<
https://books.google.com.br/books/about/The_Airline_Encyclopedia_1909_2000.html?id=FK15AQAACAAJ&redir_esc=y >. Acesso em: 02/04/2020.

SOUZA M. A; RÁZIA K. A; JACQUES F.V. Evidenciação de Informações Ambientais Pelas Empresas Integrantes Do Índice De Sustentabilidade Empresarial – ISE, **Revista Contabilidade e Controladoria**, Curitiba, PR v. 2 n. 1 p. 51-139 jan./abr. 2010. Disponível em:< <https://revistas.ufpr.br/rcc/article/view/18290> >. Acesso em: 02/04/2020.

TINOCO, J. E. P., KRAEMER, M. E. P. **Contabilidade e gestão ambiental**, 1 ed. São Paulo: Atlas, 2004. Disponível em:< <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos14/40020454.pdf> >. Acesso em: 02/04/2020.

VALLE, C. E. **Como se preparar para as Normas ISO 14000: qualidade ambiental**, São Paulo: Pioneira, 2000.

ZÜST, R.; **Systems engineering – A methodology for life cycle engineering in interdisciplinary teams**. Banbury, England, ICED 97, p.329 -336, 1997. Disponível em:< <https://zuestengineering.ch/index.php?p=systemsengineering&l=EN> >. Acesso em: 02/04/2020.