

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

FRANCIELE RODRIGUES

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EM UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA DE
IMBITUVA - PR

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

GUARAPUAVA

2018

FRANCIELE RODRIGUES

**DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EM UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA DE
IMBITUVA - PR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, da Coordenação do Curso de Engenharia Mecânica, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – Câmpus Guarapuava.

Orientador: Prof. Msc. Rafael Henrique M. Ferreira.

GUARAPUAVA

2018

TERMO DE APROVAÇÃO

DIAGNÓSTICO AMBIENTAL EM UMA INDÚSTRIA METALÚRGICA DE IMBITUVA - PR

FRANCIELE RODRIGUES

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi apresentado em Guarapuava, Paraná na data 26 de junho de 2018 como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Msc. Rafael Henrique M. Ferreira
Prof. Orientador

Msc. Géssica Katalyne Bilcati
Membro Da Banca

Dra. Mariane Kempka
Membro Da Banca

Dra. Sílvia do Nascimento Rosa
Membro Da Banca

Dr. Aldo Przybysz
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Franciele Rodrigues

- O Termo de Aprovação assinado encontra-se na Coordenação do Curso -

AGRADECIMENTOS

Agradeço, imensamente a Deus por tudo que sei, tenho e sou, ele é o mestre que me guia e me fortalece a cada jornada.

Aos meus pais, Juraci A. Rodrigues e Rosane Ap.C. Rodrigues, preciosos exemplos de vida, humildade e caráter; a minha infinita gratidão pelo imenso amor, dedicação e confiança.

Ao meu namorado, Leandro Sonaglio, pelo companheirismo, por todo carinho, amor, compreensão e incentivo incondicional.

A empresa Novo Tempo, que abriu suas portas, sempre com muita atenção e prontidão no fornecimento das informações para a construção deste trabalho.

A prof. Dra. Sílvia do N. Rosa, que desde a elaboração do tema, contribuiu para direcionar e melhorar a qualidade do desenvolvimento deste estudo, obrigada por todo conhecimento transmitido e pelos momentos dedicados neste trabalho.

Ao meu orientador prof. Msc. Rafael Henrique M. Ferreira, meu agradecimento especial por acreditar neste trabalho, pela orientação, dedicação, paciência e principalmente, pela amizade durante todo esse processo.

Enfim, algumas pessoas marcam a nossa vida para sempre, umas porque nos vão ajudando na construção, outras porque nos apresentam projetos de sonho e outras ainda porque nos desafiam a construí-los.

A todos vocês, meu muito obrigado!

"Na verdade, não são os avanços científicos e industriais que ameaçam o Homem e a Natureza, mas sim a maneira errada e inconsciente como a Humanidade aplica as suas conquistas tecnológicas."

(Jacques-Yves Cousteau)

RESUMO

RODRIGUES, Franciele. **Diagnóstico ambiental em uma indústria metalúrgica de Imbituva - PR**. 2018. 55 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Mecânica – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Guarapuava, 2018.

A geração de resíduos sólidos é intrínseca a qualquer atividade. Para as indústrias do segmento metal mecânico, os resíduos sólidos são um tema de especial preocupação devido à diversidade e o grande volume gerado e, ainda, pelos possíveis impactos ambientais associados a esse ramo de atuação. Neste contexto, o presente trabalho propõe um diagnóstico ambiental em uma empresa do ramo metalúrgico, com o objetivo de identificar como é realizado o gerenciamento de seus resíduos, e desta forma estabelecer modelos ou ferramentas que corroborem à gestão ambiental, adequados à realidade da mesma. Para isto, primeiramente, foi realizado o diagnóstico e mapeamento do processo produtivo atualmente desenvolvido pela empresa e a identificação dos resíduos gerados em cada etapa bem como sua classificação com base na NBR 10004/2004. Como resultado foram listados os impactos associados à empresa a fim de que a ela possa concentrar seus esforços em pontos considerados mais críticos diante de uma proposta de gestão ambiental adequada a realidade da empresa, através da proposição de ferramentas, práticas de gestão e melhor organização de espaços ou processos.

Palavras-chave: Resíduo sólido. Diagnóstico Ambiental. Indústria Metal Mecânica. Gerenciamento Ambiental.

ABSTRACT

RODRIGUES, Franciele. **Environmental diagnosis in a metallurgical industry of Imbituva - PR**. 2018. 55 páginas. Trabalho de Conclusão de Curso para obtenção de título de Bacharel em Engenharia Mecânica – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Guarapuava, 2018.

The generation of solid waste is intrinsic to any activity. For the industries of mechanical metal segment, the solid waste are an issue of special concern due to the diversity and the large volume generated and, even, by the possible environmental impacts associated with this branch of activity. In this context, the present study proposes an environmental diagnosis in a company in the metallurgical industry, with the aim of identifying how is made the management of their waste, and thus establish models or tools that corroborate the environmental management, appropriate to the reality of the same. For this, first, was the finding and mapping of the productive process currently developed by the company and the identification of waste generated at each stage as well as its classification based on NBR 10004/2004. As a result were listed the impacts associated with the company so that it can focus their efforts on points considered more critical before a proposal of appropriate environmental management of the reality of the company, through the proposition of tools, management practices and better organization of spaces or processes.

Keywords: Solid Waste. Environmental diagnosis. Metal mechanics industry. Environmental management.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 -Classificação dos resíduos gerados na empresa e formas de tratamento ou destinação original.	41
Tabela 2 - Pontos críticos da empresa.	46
Tabela 3 - Padrão para a coleta seletiva para na empresa objeto do estudo.	48
Tabela 4 - Objetivos, Metas e Indicadores definidos para o acompanhamento.	49

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Classificação dos resíduos segundo a origem.....	18
Figura 2- Classificação dos resíduos segundo a periculosidade.	18
Figura 3 - Caracterização e classificação dos resíduos sólidos.....	19
Figura 4 - Processos de fabricação da indústria metal mecânica.....	24
Figura 5 - Dispositivos de fixação no processo de torneamento.....	25
Figura 6 - Cinemática geral dos processos de usinagem.....	25
Figura 7 - Categorização de indicadores de sustentabilidade.....	29
Figura 8 - Sistema triangular para a manufatura sustentável.....	30
Figura 9 - Três linhas básicas da sustentabilidade.	31
Figura 10- Otimização multiobjetivos de processos de usinagem.	32
Figura 11 - Rota para melhorar os processos de empresas em termos de fabricação sustentável.....	33
Figura 12 - Vista aérea da empresa.....	35
Figura 13 - Quadro de funcionários da empresa.....	36
Figura 14 - Componentes fabricados pela empresa, (a) Filtro de Mangas. (b) Conjunto de partes caldeira: Silo dosador, tubulações, ventilador, exaustor. (c) Alimentadores de laminador de madeira. (d) Queimador de cavaco.....	37
Figura 15 - Área interna da empresa.	37
Figura 16 - Adaptação área escritório.....	38
Figura 17 - Fluxograma simplificado do processo produtivo com a identificação dos resíduos.	39
Figura 18 - Fluxograma simplificado do processo produtivo com a identificação das entradas e saídas em cada etapa do processo.	40
Figura 19 - Local utilizado para separação de cavacos e óleos.	42
Figura 20 - Acondicionamento de resíduos sólidos. (a) Área interna (b) Área externa.	43
Figura 21 - Atividade executadas em ambiente inadequado.	44
Figura 22 - Resíduos e matéria-prima alocados no mesmo local.	44
Figura 23 - Matéria-prima e pó metálicos misturados.....	45

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	11
1.1 OBJETIVO GERAL.....	12
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	12
1.3 JUSTIFICATIVA.....	12
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	14
2.1 GESTÃO AMBIENTAL NAS EMPRESAS	14
2.2 IMPORTÂNCIA DA ISO 14000 E NORMATIZAÇÕES.	15
2.3 GERENCIAMENTO DE RECURSOS	17
2.3.1 Resíduos Sólidos	17
2.3.1.1 Classificação dos resíduos sólidos.....	17
2.3.2 Plano De Gerenciamento De Resíduos Sólidos	22
2.4 PROCESSOS DE USINAGEM.....	23
2.4.3 Principais Processos	26
2.5 USINAGEM <i>VERSUS</i> SUSTENTABILIDADE	28
2.5.2 Conceito De Sustentabilidade	29
2.5.3 Aplicação De Sustentabilidade Em Usinagem	31
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	34
3.1 INFORMAÇÕES DO OBJETO DE PESQUISA.....	34
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	38
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	50
REFERÊNCIAS	51

1 INTRODUÇÃO

A preocupação com a preservação ambiental assume, uma importância cada vez maior para as empresas e um detalhe muito importante a ser observado nessa questão é o grau de comprometimento cada vez maior de microempresários na busca de soluções ambientalmente adequadas introduzidas nas linhas de produção, na logística, na distribuição e consumo de bens e serviços.

A maioria das preocupações ambientais pode ser relacionada com aspectos econômicos, uma vez que a redução no consumo de materiais e de energia está diretamente ligada aos benefícios financeiros, além das melhorias ambientais (MEINDERS; MEUFFELS, 2001).

Assim, assegurar que todos os resíduos sejam gerenciados de forma apropriada e segura, desde a geração até a disposição final, envolvendo as etapas de geração, caracterização, manuseio, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição final, é um dos grandes desafios das empresas (MAIER; CRUZ, 2014). O desafio passa a ser a maneira de encontrar medidas de gestão que possibilitem o crescimento econômico sem prejudicar a disponibilidade de recursos para as gerações futuras delineando, desta forma, os conceitos de sustentabilidade ou desenvolvimento sustentável (SANTOS, 2006; BERTÉ, 2009).

Neste contexto, o mercado passa a fazer novas exigências quanto aos produtos e serviços. O ideal é que tragam consigo o comprometimento das empresas responsáveis pela produção dos mesmos, em atender aos padrões das normas internacionais de qualidade, sustentabilidade ambiental e proteção à integridade física e saúde de seus trabalhadores.

Desta forma, a administração das questões ambientais, de saúde e segurança do trabalho, com foco na prevenção de acidentes e no tratamento dos problemas potenciais, passou a ser o gerenciamento da própria viabilidade e sobrevivência do empreendimento (BERTÉ, 2009).

Diante desse panorama, o presente trabalho tem como proposta realizar um diagnóstico da situação da gestão de resíduos sólidos da empresa Novo Tempo Ltda. situada no município de Imbituva, no intuito de identificar como é realizado o gerenciamento de seus resíduos, e, posteriormente, propor um modelo de gestão ambiental adequado à realidade da empresa.

1.1 OBJETIVO GERAL

Desenvolver um diagnóstico ambiental na empresa Novo Tempo Ltda., verificando como é realizado o gerenciamento de seus resíduos, e desta forma propor modelos ou ferramentas que corroborem à gestão ambiental, adequados à realidade da empresa.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Para alcançar o objetivo geral, foram estabelecidos os seguintes objetivos específicos:

1. Analisar os processos da empresa Novo Tempo Ltda., diante do ambiente em que está inserida, estabelecendo um diagnóstico ambiental geral (Figuras 17 e 18).
2. Levantar dados dos processos que interfiram na gestão ambiental da empresa, de forma a traçar metas ou proposições de melhorias voltadas aos resíduos sólidos (Tópico 3.1).
3. Disponibilizar informações qualitativas dos resíduos gerados, identificando e classificando de acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas – ANBT e Normas Brasileiras – NBR, ABNT NBR 10.004/2004 (Tabela 1).
4. Classificar os impactos associados à empresa e priorizá-los a fim de que a ela possam ser concentrados seus esforços, classificando-os por nível de urgência ou gravidade.
5. Sugerir um modelo de gestão ambiental adequado a realidade da empresa, diante da proposição de ferramentas, práticas de gestão e melhor organização de espaços ou processos.

1.3 JUSTIFICATIVA

Um mercado globalizado, competitivo, com legislação cada vez mais exigente e com uma preocupação em relação às questões ambientais e ao desenvolvimento sustentável, está levando a sociedade a cobrar dos setores públicos e privados uma

mudança na forma e desenvolvimento, até então, empregados de maneira incompleta ou incoerente (SCATENA, 2010).

A adoção de programas ou sistemas de gerenciamento que atinjam e demonstrem um desempenho ambiental adequado, controlando os impactos das atividades industriais, produtos e serviços no meio ambiente, também pode ser considerada tomada de decisão diante de melhoria social e, conseqüentemente, econômica (SERBER, 2009).

A conduta frente à gestão ambiental das empresas está de acordo com o segmento do setor produtivo e das suas características econômico-financeira. As empresas de conduta negligente são omissas ou evasivas e não se preocupam com o assunto, seja por ignorância ou má-fé (SCATENA, 2010). As empresas cautelosas são passivas ou reativas, procuram não descumprir a lei, ao menos formalmente. Já as empresas responsáveis, por sua vez, são ativas ou proativas, adotam a qualidade ambiental como valor ou objetivo empresarial e buscam melhores práticas continuamente (ABETRE, 2006; PRICEWATERHOUSECOOPERS, 2006).

Grande parte dessas organizações pensa que está de acordo com a lei ambiental, justamente pelo fato de realizar uma estocagem de qualquer forma e lugar ou ainda por possui parceria com recicladores. Desta forma, acreditam ainda que a implantação de um sistema de gestão ambiental desprende muitos recursos e não representa retorno significativo (CERETTA, et al. 2003). Classificar os resíduos, quantificá-los e armazená-los de forma correta, não só cumpre com a lei ambiental, como os resíduos são entregues aos recicladores de forma adequada e contribui para a saúde pública (BRAGA e DIAS, 2008; GÜNTHER, 2008).

Algumas propostas como a sugerida neste trabalho, pode ser o caminho para que pequenas empresas possam seguir uma produção mais limpa, com o objetivo de se tornar uma empresa responsável, contribuindo não só para o setor econômico da empresa, como propiciar melhores condições de vida para todos os envolvidos. É preciso esclarecer e divulgar os aspectos ambientais que envolvem o tema e desenvolver uma consciência ambiental em toda a cadeia produtiva. Um dos grandes desafios para a gestão ambiental é criar sociedades sustentáveis (BORN, 2000).

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 GESTÃO AMBIENTAL NAS EMPRESAS

Segundo Dias (2006), as empresas são responsáveis indiretas pelo crescimento do interesse pelo meio ambiente, devido ao fato de serem as causadoras dos principais impactos ambientais que despertaram a conscientização da sociedade quanto a esses problemas.

As organizações voltam suas atenções para os potenciais impactos ambientais de suas atividades, produtos e serviços, pois é constatado que ao longo dos anos o custo com a prevenção é muito menor do que o custo de correção, principalmente no que diz respeito a acidentes seja de ordem ambiental, tecnológico ou ocupacional. Isto ocorre porque houve um aumento nas preocupações com a manutenção, com a melhoria da qualidade do meio ambiente de forma a atender melhor às exigências de mercado, que está muito competitivo nos dias atuais (Romero, 2005).

Contudo, a consciência ambiental ainda não é suficientemente madura para todas as empresas. Ainda ocorrem diversos casos de acidentes ambientais por falta de prevenção. Exigências referentes à proteção ambiental ainda são vistas por uma boa parte de empresários como uma forma de dificultar o crescimento da produção e que requerem grandes investimentos, aumentando os custos de produção. Os resultados obtidos por empresas ambientalmente responsáveis mostram, porém, que o resultado é justamente o oposto. Como bem explica Donaire (2012), os custos, monetários e sociais, causados pela poluição são maiores do que investimentos necessários para evitá-la ou eliminá-la.

Cria-se o conceito de excelência ambiental, ou seja, a empresa não é avaliada somente pelo seu desempenho de produção e econômico, mas também pelo seu desempenho em relação ao meio ambiente. (DONAIRE, 2012). Elkington e Burke citam dez passos necessários para uma empresa obter a excelência ambiental (ELKINGTON; BURKE, 1989 apud DONAIRE, 2012, p. 50):

- “1. Desenvolver uma política ambiental.
2. Estabelecer metas e avaliar os ganhos.
3. Definir as responsabilidades ambientais de cada área e do pessoal do administrativo.

4. Divulgar a política, os objetivos, as metas e as responsabilidades, interna e externamente.
5. Obter recursos adequados.
6. Treinar o pessoal e informar os consumidores e a sociedade.
7. Acompanhar a situação ambiental da empresa com auditorias e relatórios.
8. Acompanhar a discussão sobre a questão ambiental.
9. Contribuir para os programas ambientais da comunidade e investir em pesquisas direcionadas à área ambiental.
10. Conciliar os diferentes interesses entre todos os envolvidos: empresa, consumidores e coletividade. “

A partir do momento em que a empresa se preocupa com a questão ambiental, ela toma conhecimento que esse envolvimento pode transformar-se em oportunidades para a redução de custos e não exclusivamente um aumento de despesas.

2.2 IMPORTÂNCIA DA ISO 14000 E NORMATIZAÇÕES.

A ISO – *International Organization for Standardization* (Organização Internacional para Padronização) é uma organização internacional, fundada em 23 de Fevereiro de 1947, com sede em Genebra na Suíça, que tem a tarefa de elaborar normas internacionais (ABNT, 2004).

A melhor forma de uma empresa estabelecer um programa de gestão ambiental é obedecer às Normas ISO 14001 e 14004 da ABNT, que determinam as diretrizes para o SGA – Sistema de Gestão Ambiental. Estas normas foram criadas para minimizar o impacto provocado pelas empresas ao meio ambiente. Muitas empresas utilizam recursos naturais, geram poluição ou causam danos ambientais através de seus processos de produção. Seguindo as normas do ISO 14000, elas podem reduzir significativamente os danos ao meio ambiente (ISO 14000) diante da exposição de riscos e necessidades (ROBLES JR; BONELLI, 2010).

A certificação dentro da norma ISO 14000 (ABNT, 2004), tende a auxiliar as empresas que levam em conta a preservação ambiental não como um empecilho, mas como um fator de sucesso para se posicionarem no mercado, ou seja, uma oportunidade de crescimento regional, nacional e até mesmo internacional.

De acordo com a norma NBR ISO 14001, a gestão ambiental, é um sistema de gestão que compõe o sistema de gestão global da organização, incluindo estrutura organizacional, atividades de planejamento, responsabilidades, práticas,

procedimentos, processos e recursos para desenvolver, implementar, atingir, analisar criticamente e manter a política ambiental (ABNT, 2004).

É importante salientar, que a série de Normas ISO 14000 são voluntárias. Neste caso é de responsabilidade da empresa tomar a decisão da implementação ou não de um sistema de gestão ambiental com base nessas normas (ABNT, 2004).

No que diz respeito à gestão ambiental nas empresas, a família de normas ISO 14000 fornece às organizações ferramentas de gerenciamento para o controle de seus aspectos ambientais e para a melhoria de seu desempenho ambiental (ISO, 2009). Segundo a norma, estes benefícios incluem: economia durante o uso de matérias-primas; melhor controle dos gastos com energia; melhoria da eficiência do processo; redução da geração de rejeitos e de custos de disposição; e melhoria do gerenciamento de rejeitos, utilizando processos como a reciclagem e a incineração para tratar resíduos sólidos ou utilizando técnicas mais eficientes para o tratamento de efluentes líquidos (ABNT, 2004).

A introdução da gestão ambiental, ou melhor, a adequação ambiental dos processos e produtos, atualmente, é um diferencial importante para as organizações de todos os tipos e tamanhos obterem vantagens competitivas no mercado doméstico (ROBLES JR; BONELLI, 2010).

É imprescindível para as organizações que visam o mercado internacional. A comprovação de que uma empresa possui um gerenciamento ambiental correto se dá através da certificação em conformidade com a norma ISO 14001:2004, que é a única norma da série ISO 14000 certificável e que diz respeito ao sistema de gestão ambiental (SGA) da organização, sendo este último a parte de seu sistema global de gerenciamento usada para desenvolver e implementar sua política ambiental e para manejar seus aspectos ambientais (DANSK STANDARD, 2000 apud JORGENSEN et al., 2006).

2.3 GERENCIAMENTO DE RECURSOS

2.3.1 Resíduos Sólidos

A Norma Brasileira de Regulamentação NBR-10.004 (ABNT, página 1, 2004) que classifica os resíduos sólidos, define-os como:

“Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível”.

Todavia existem outros tipos de resíduos, denominados resíduos especiais, que são quase sempre uma problemática e por vezes perigosos, tanto para os seres humanos quanto para o meio ambiente, pois são procedentes das atividades industriais ou de serviço de saúde (BRAGA et al., 2002).

Entretanto, Calderoni (2003) relata que há diferença entre a conceituação de resíduos e do lixo sendo que: resíduos significam rejeitos ou sobras originadas do processo industrial, já lixo é algo sem valor, tudo que é descartado. Robles Jr. e Bonelli (2010) reforçam que as discussões científicas com relação à classificação de resíduos e aspectos de reaproveitamento estão, cada vez mais, em pauta, sendo necessário esclarecer os pontos comuns para o desenvolvimento de novas técnicas.

2.3.1.1 Classificação dos resíduos sólidos.

As classificações mais usuais dos resíduos sólidos são quanto à origem ou natureza e quanto a sua periculosidade (ABNT NBR 11174, 1990). Quanto à origem os resíduos poder ser urbano, doméstico especial ou de fontes especiais, conforme exemplifica a Figura 1.

De acordo com Zanta e Ferreira (2003), a classificação dos resíduos sólidos é baseada em características e propriedades identificadas. A ABNT NBR 10.004/2004 classifica os resíduos de acordo com as suas características físicas, químicas e infectocontagiosas, podendo representar risco à saúde pública e ao ecossistema.

Urbano	Doméstico	São os gerados em residências como casa , apartamentos, condomínios e moradias em geral.
	Comercial	Provenientes da atividades de comércio como, supermercados, lojas, shopping,
	Público	Os gerados em logradouros públicos, como rua, praças
Doméstico especial	Entulho de obras	São especiais por necessitarem de destinação especializada para o resíduo
	Pneus	
	Pilhas e baterias	
	Lâmpadas fluorescentes	
Fontes especiais	Radioativos	No Brasil, o manuseio, acondicionamento e disposição final do lixo radioativo está a cargo da Comissão Nacional de Energia Nuclear – CNEN. São os resíduos que emitem radiações acima dos limites permitidos pelas normas ambientais.
	Industrial	Provenientes de atividades industriais e classificados segundo a NBR 10.004.
	Agrícola	Formado essencialmente de embalagens de pesticidas e fertilizante
	De serviço de saúde	Gerados nas instituições de saúde como clínicas, hospitais, consultórios, farmácias entre outros
	Portos, aeroportos e terminais rodoviários e ferroviários	Gerados tanto nos terminais como nos veículos. A periculosidade está no risco de transmissão de doenças que também pode se dar através de cargas eventualmente contaminadas, tais como animais, carnes e plantas.

Figura 1- Classificação dos resíduos segundo a origem
Fonte: Adaptado Maroun, 2006.

Segundo a ABNT NBR 10.004/2004 os resíduos podem ser classificados em 3 formas: resíduos classe I (Perigosos), resíduos classe II A (não inertes) e resíduos classe II B (inertes), conforme mostrado na Figura 2.

Classificação dos resíduos quanto a periculosidade		
Classe I	Classe II	
Perigosos	Não perigosos	
Podem acarretar riscos a saúde pública ou meio ambiente	A – Não inerte	B – Inerte

Figura 2- Classificação dos resíduos segundo a periculosidade.
Fonte: (ABNT. NBR 10.004, 2004, p. 5).

Os resíduos classe I (perigosos) são aqueles que apresentam características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade e toxicidade ou patogenicidade (ZANTA E FERREIRA, 2003).

Os resíduos de classe II A (não inertes) apresentam as seguintes características: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilização em água, ou seja, não se enquadram na classe I ou classe II B. (ABNT NBR 10.004, 2004). Já os resíduos da classe II B (inertes), possuem as características próprias não oferecendo riscos à saúde humana e a meio ambiente (ZANTA E FERREIRA, 2003).

A mesma norma estabelece parâmetros para avaliação de cada uma destas características e o código de identificação para diversos resíduos, principalmente os tóxicos. Se o resíduo apresentar uma das características ele já é considerado perigoso. O fluxograma a seguir apresenta a metodologia a ser adotada para caracterização e classificação dos resíduos sólidos, de acordo com a NBR 10.004.

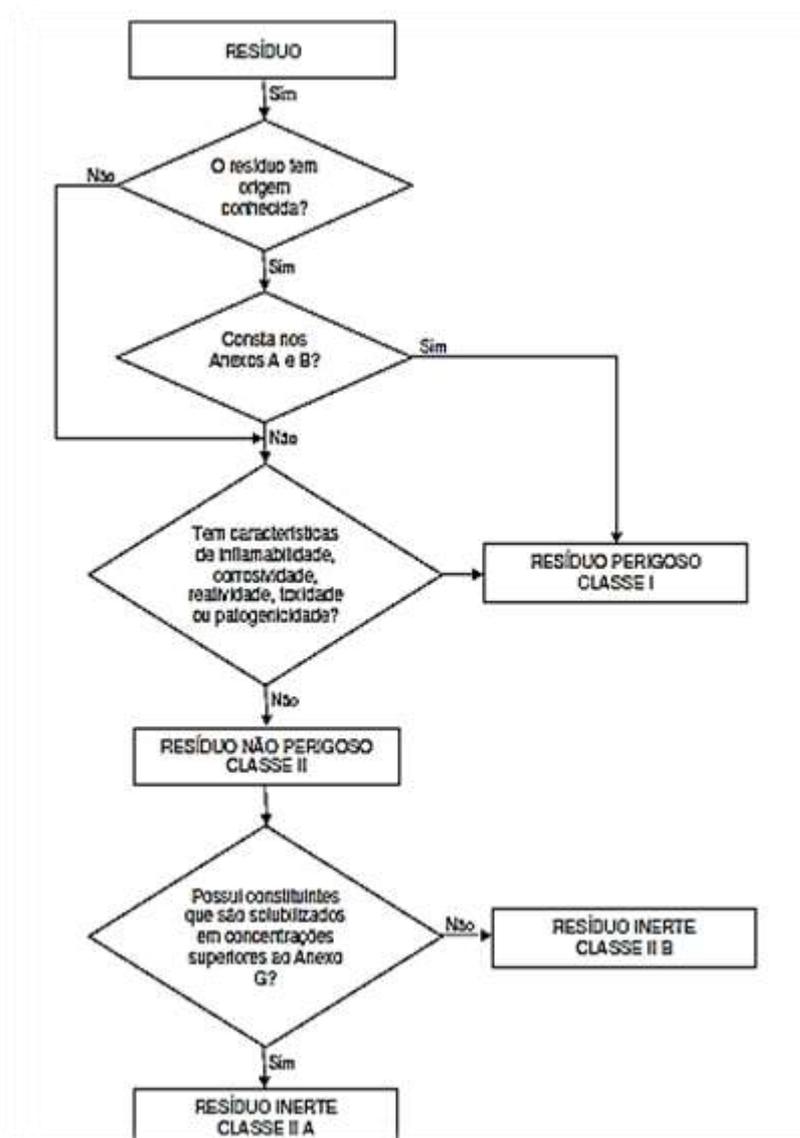


Figura 3 - Caracterização e classificação dos resíduos sólidos.

Fonte: ABNT, 2004, p. 6.

Conforme observado no fluxograma e discutido anteriormente, o conhecimento da origem do resíduo facilitará no processo de classificação. A partir disso deverão ser tomadas as decisões técnicas e econômicas para todas as fases do gerenciamento de resíduos sólidos industriais, desde o seu manuseio, acondicionamento, armazenamento, coleta, transporte e destinação final (SIMIÃO, 2011).

2.3.1.2 Resíduos industriais

Segundo Perucchi (2007), resíduos industriais podem ser denominados como resíduos gerados nas indústrias, onde a sua liberação ou descarte não pode ocorrer sem o devido controle.

É possível apreender uma grande variedade de impactos ambientais e ecológicos acarretados pelas organizações ao meio ambiente. Segundo Andrade (2002) a classificação das empresas e seus respectivos impactos ambientais e ecológicos, está alocada da seguinte forma:

- *Ramo industrial*: organizações que mais geram impactos ambientais, por sua característica de serem transformadoras de insumos produtivos em produtos finais.
- *Ramo comercial*: realizam a intermediação dos bens produzidos pelas companhias industriais, os impactos ambientais e ecológicos são de moderada intensidade.
- *Empresas prestadoras de serviço*: são as que provocam o menor impacto ambiental.

No Brasil, o gerenciamento adequado dos resíduos sólidos industriais constitui um grande desafio. A disposição dos resíduos é efetivamente praticada pelas indústrias de grande porte, devido às grandes quantidades de materiais gerados nos processos. Em todos os casos, tanto para a reutilização, quanto para a disposição, há que se levar em consideração os elementos potencialmente contaminantes que podem ser introduzidos no meio circundante (PEREIRA, 2008).

Uma alternativa para minimizar os impactos ambientais causados por tais organizações é o reaproveitamento dos resíduos gerados, permitindo proporcionar a redução da utilização dos recursos naturais, gastos no processo de tratamento e armazenamento.

O armazenamento de resíduos deve atender a Portaria Ministerial nº 124 de 20/08/80 e ser efetuada segundo a ABNT:

- NBR 12.235 - Armazenamento de resíduos perigosos.
- NBR 11.174 - Armazenamento de resíduos não perigosos
- NB 98 - Dispõe sobre o armazenamento e manuseio de resíduos líquidos inflamáveis.

O tratamento dos resíduos sólidos procura modificar suas características como quantidade, toxicidade e patogenicidade, de forma a diminuir os impactos sobre o ambiente e saúde pública (PHILIPPI JR., 2005). Tratar um resíduo significa, portanto, transformá-lo para que possa ser reutilizado ou disposto em condições mais seguras e ambientalmente aceitáveis. No caso dos resíduos industriais, tendo em vista suas características extremamente variadas existem por consequência diversos processos de tratamento.

Segundo Tocchetto (2007) os diversos tratamentos podem ocorrer a partir de reações químicas, físicas, biológicas e/ou térmicas. A mesma autora afirma ainda que esses tratamentos podem ser realizados em locais distintos, como junto a própria fonte geradora, em outra instalação que tenha interesse em utilizar o material recuperado ou em instalações especializadas em tratamento.

O gerenciamento ideal dos resíduos sólidos industriais deve adotar medidas preventivas de eliminação ou minimização de resíduos, passando pela reciclagem e tratamento a disposição final e a remediação, que muitas vezes envolvem altos custos e riscos, uma vez que a remediação se trata da retirada ou atenuação da contaminação de uma área, e disposição final também se trata de técnicas de tratamento e disposição de resíduos sólidos (CONSONI; SILVA; GIMENEZ FILHO, 2000). Atualmente, a maior parte das empresas tem centrado ainda seus esforços na disposição final e na remediação de áreas contaminadas, resultado do depósito inadequado de resíduos, com maiores prejuízos ao ambiente quando se tratam de resíduos perigosos (PERUCCHI, 2007).

A disposição final dos resíduos sólidos só deve ocorrer em último caso, após os resíduos receberem alguma forma de tratamento e a sua reutilização no processo não for mais possível (SILVA, 2012). Segundo Ferreira (2002), afirma que a técnica de disposição de resíduos sólidos em aterros deve ser considerada a última alternativa, após terem sido esgotadas todas as alternativas de tratamento e redução dos resíduos em questão.

A destinação correta dos resíduos sólidos industriais segundo o que prevê a legislação brasileira é obrigação do gerador. Entretanto, devido ao desconhecimento ou falta de interesse de profissionais na área ambiental nas empresas, esta temática se torna um dos principais problemas encontrados atualmente, tendo em vista que o processo produtivo gera resíduos os quais não recebem a devida atenção.

2.3.2 Plano De Gerenciamento De Resíduos Sólidos

Um plano de gerenciamento de resíduos sólidos refere-se a várias técnicas, envolvendo fatores operacionais, administrativos, econômicos e ambientais. Para Lima (2001) a elaboração de um gerenciamento de resíduos, deve-se abordar as seguintes etapas: prevenção, redução, segregação, reutilização, acondicionamento, coleta, transporte, tratamento e disposição final.

Em contrapartida Ferreira (2002), alega que existem seis etapas do sistema de gerenciamento de resíduos:

1. *Redução dos resíduos produzidos*: devem-se prever todas as formas possíveis de redução na geração de resíduos;
2. *Acondicionamento*: deve ser adequado ao manuseio e tratamento que será submetido o resíduo;
3. *Acumulação interna*: os resíduos devem ser acumulados em recipientes e/ou locais estanques;
4. *Transporte interno*: o transporte deve ser feito de forma a evitar a ruptura do acondicionamento e disseminação do resíduo;
5. *Transporte externo*: o transporte de resíduos deve ser feito por veículos que evitem o espalhamento e vazamento dos mesmos e;
6. *Disposição final dos resíduos*: os resíduos devem ser dispostos de forma segura, sem gerar riscos para a saúde e impactos ambientais.

Ferreira (2002) ainda estabelece que o primeiro item a ser verificado no sistema de gestão de resíduos é a identificação dos resíduos gerados e seu potencial efetivo causado no meio ambiente. Segundo ele um sistema de gerenciamento de resíduos deve se adequar à realidade local, atender os critérios técnicos e potencializar a capacidade dos recursos disponíveis.

Uma empresa ao avaliar seus processos produtivos terá conhecimento detalhado das principais áreas geradoras de resíduos, o que possibilitará a implantação de tecnologias de produção mais limpas. Uma forma de gerenciar os problemas ambientais é a implantação de um sistema de gestão ambiental, o qual identifica e avalia os aspectos e impactos ambientais (SERBER, 2009; MAIER e CRUZ, 2014).

O estudo da possibilidade de minimização da produção de emissões industriais no setor metal-mecânico via a implementação de um manual gerencial suprindo, principalmente, a necessidade das pequenas e médias empresas é uma forma de gerenciamento que não pode ser mais ignorada por nenhuma área do setor industrial. Quando se considera a participação de empresas de pequeno e médio porte isso é ainda mais relevante, particularmente em virtude de elas serem mais numerosas e produzirem uma maior diversidade de poluentes. (SEIFFERT, 2011).

2.4 PROCESSOS DE USINAGEM

De forma sucinta serão apresentados conceitos que envolvem o processo de usinagem, com intuito de avaliar os aspectos ambientais com foco na geração de resíduos. Essas informações são necessárias para subsidiar a análise do processo de usinagem da empresa foco de avaliação dessa pesquisa.

2.4.2 Definição

Deve-se notar que são inúmeros e variados os processos de transformação de metais e ligas metálicas em peças. Pode-se fundir, soldar, conformar, sinterizar ou usinar o metal a fim de se obter a peça desejada. Os produtos semiacabados (barras, chapas, perfis, tubos, etc.) advêm do processo de fundição e são utilizados como matéria prima nos processos de usinagem, soldagem e conformação mecânica.

A Figura 4 mostra a classificação dos processos de fabricação, na qual se destaca a usinagem, processo de interesse para este estudo.

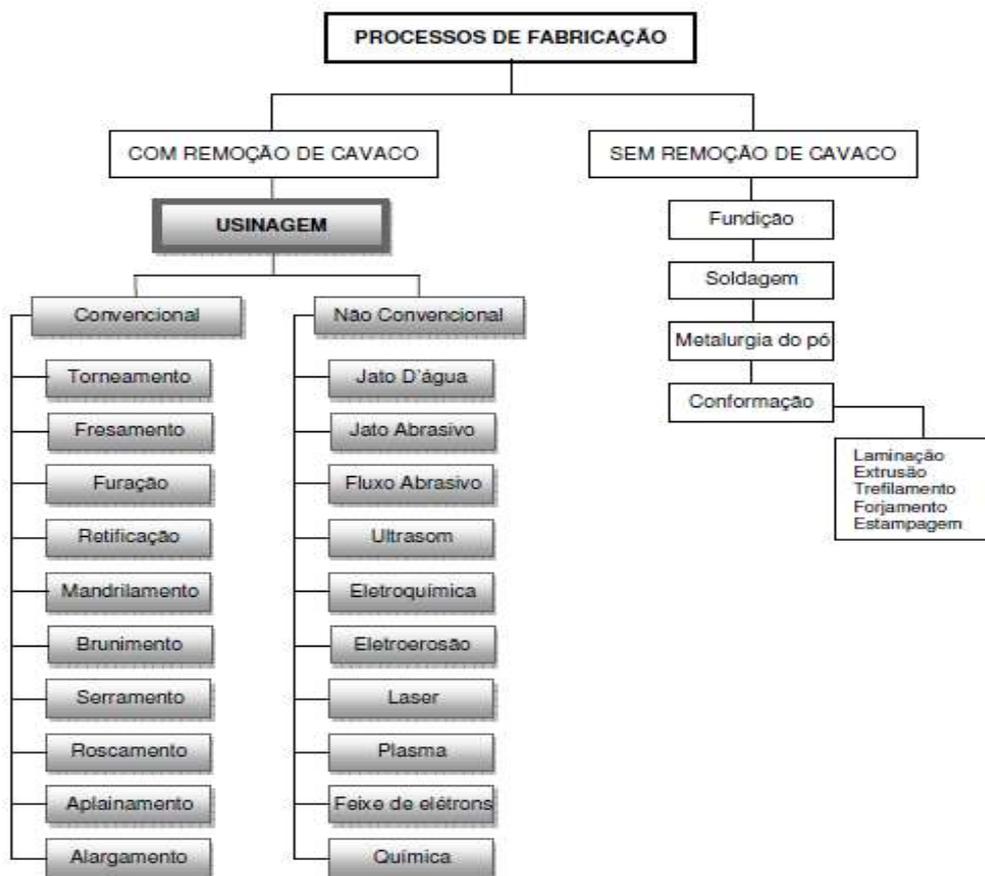


Figura 4 - Processos de fabricação da indústria metal mecânica.

Fonte: Costa & Santos (2006), p. 5.

Os processos de fabricação de metais e ligas metálicas são divididos de acordo com a remoção ou não de cavacos. O cavaco é a porção de material da peça retirada pela ferramenta e caracterizada por apresentar forma geométrica irregular (MACHADO et. al., 2009). Trata-se, portanto, de um dos resíduos gerados no processo de usinagem para obtenção de uma determinada peça. A partir desta observação define-se usinagem como a operação que confere à peça forma, dimensões ou acabamento, ou ainda a combinação de qualquer desses três, através da remoção de material sob a forma de cavaco (STOETERAU, 2010).

Como mostra a Figura 4, a usinagem ainda é dividida em usinagem convencional e não convencional. O ramo mais importante é o da usinagem convencional, na qual uma ferramenta de corte afiada é usada para cortar mecanicamente o material para alcançar a geometria desejada. O outro ramo, de processos não tradicionais, utiliza várias formas de energia (mecânica, eletroquímica, térmica e química) mas não utiliza ferramenta de corte afiada ou partículas abrasivas para remover material (GROOVER, 2014).

Como definido, no processo de usinagem ocorre a interação entre a peça, matéria-prima que irá sofrer a transformação, e a ferramenta. A fixação de ambas é realizada por um dispositivo de fixação, no caso da peça, e pelo porta-ferramenta, no caso da ferramenta. A máquina ferramenta tem por objetivo proporcionar os movimentos de velocidade, avanço e a força necessária ao processo (Figura 5).

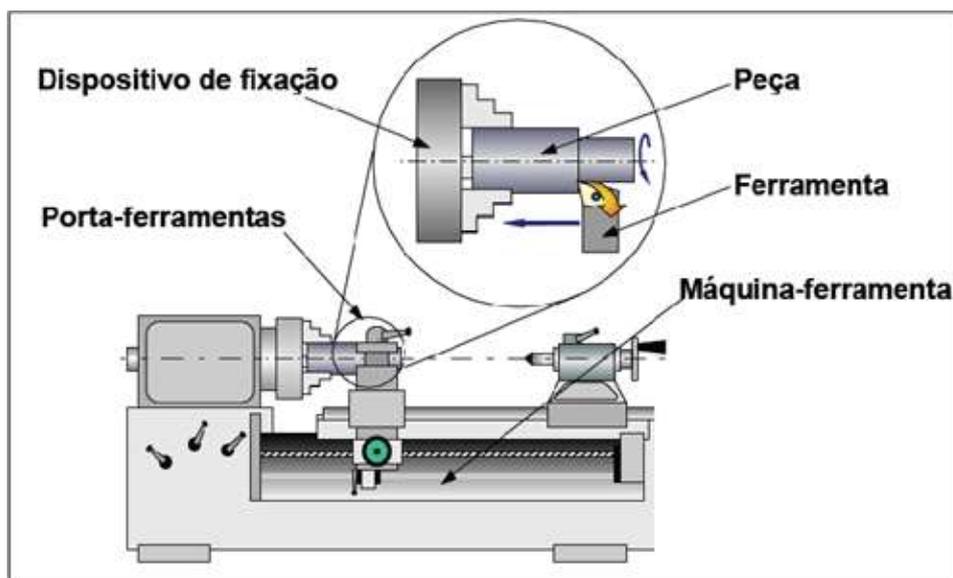


Figura 5 - Dispositivos de fixação no processo de torneamento.
Fonte: Stoeterau (2010), p. 32.

A Figura 6 representa os movimentos de avanço e corte entre peça e a ferramenta para que a peça atinja a geometria almejada e com esse processo é gerado o cavaco.

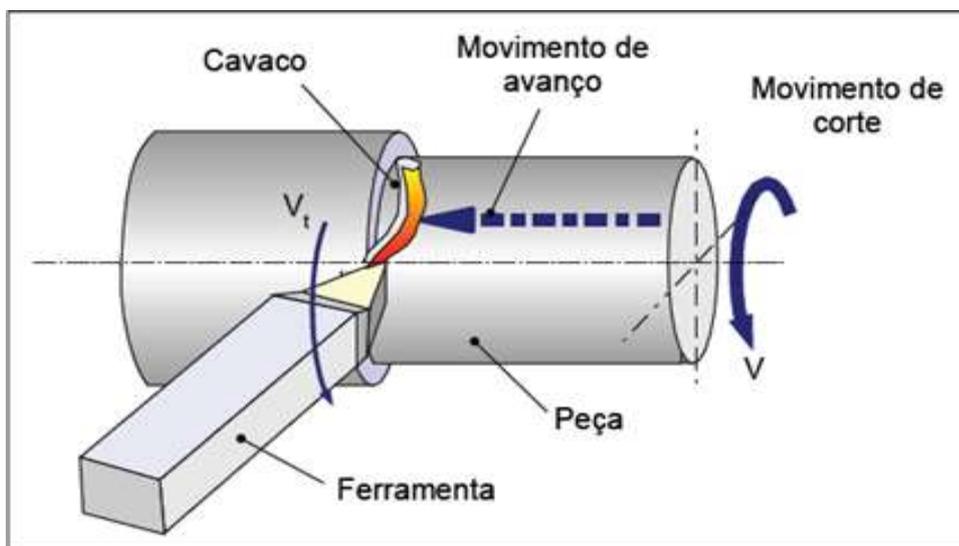


Figura 6 - Cinemática geral dos processos de usinagem.
Fonte: Stoeterau (2010), p. 34.

O cavaco é formado em altíssimas velocidades de deformação, seguidas de ruptura do material da peça, sendo o processo dividido em quatro eventos: recalque inicial (pequena porção do material da peça é pressionado contra a superfície de saída da ferramenta), deformação e ruptura, deslizamento das lamelas e saída do cavaco (Machado et. al., 2009).

Os cavacos podem ser classificados quanto ao tipo e quanto à forma. Quanto ao tipo eles podem ser contínuos, descontínuos e segmentados. A obtenção dos três tipos depende muito da ductilidade (ou fragilidade) do material da peça e dos parâmetros de corte. Quanto à forma podem ter a seguinte classificação: em fita, helicoidal, em espiral, em lascas ou pedaços (Machado et. al., 2009).

As formas de cavacos longos é que causam os maiores transtornos quanto à segurança do operador, produtividade e armazenamento. Um cavaco longo, em forma de fita, pode atingir o operador e machucá-lo seriamente; pode se enrolar à peça, danificando o acabamento superficial da peça e; é muito difícil de manipular e requer um volume muito maior para ser armazenado que um cavaco curto com o mesmo peso (Diniz et. al., 2010).

2.4.3 Principais Processos

Existem muitos tipos de operações de usinagem e cada uma é capaz de gerar certa geometria de peça e textura de superfície. Os três processos de usinagem convencionais mais comuns são o torneamento, a furação e o fresamento, mas outros processos também são utilizados. Desses processos citados os principais são:

- Furação: é um processo mecânico de usinagem destinado a obtenção de um furo geralmente cilíndrico numa peça, com auxílio de uma ferramenta multicortante. Para tanto a ferramenta ou a peça se desloca segundo uma trajetória retilínea, coincidente ou paralela ao eixo principal da máquina (COSTA & SANTOS, 2006).
- Torneamento: é um processo mecânico de usinagem destinado a obtenção de superfícies de revolução com o auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes. Para tanto, a peça gira em torno do seu eixo enquanto a ferramenta de corte realiza os movimentos de avanço longitudinal e/ou transversal (COSTA & SANTOS, 2006).

- Brochamento: é comumente empregado quando se deseja produzir furos com formas diferentes da cilíndrica. A ferramenta (brocha) é tracionada e a passagem de dentes sucessivos provoca a abertura de um furo inicial, para o perfil desejado. Elevada qualidade dimensional e geométrica pode ser conseguida em componentes produzidos em massa, sendo que formas externas também podem ser obtidas (MACHADO et. al., 2009).
- Fresamento: esta operação é reconhecida pela versatilidade na produção de geometrias diversas, além de garantir elevadas taxas de remoção de material, visto que a ferramenta (fresa) possui múltiplas arestas de corte. Nesse grupo de operações, a ferramenta gira enquanto a peça, presa à mesa, é responsável pelos movimentos de avanço longitudinal e transversal (MACHADO et. al., 2009).
- Mandrilamento: é realizado em um equipamento específico (mandriladora), similar a uma fresadora de grande porte. Nessa operação, utilizada principalmente no acabamento interno de furos cilíndricos e com perfis especiais, a ferramenta é dotada dos movimentos de corte e avanço, enquanto a peça permanece estática. É particularmente interessante para a usinagem de peças de grandes dimensões e assimétricas (MACHADO et. al., 2009).
- Roscamento: a abertura de roscas é uma operação bastante diversificada e que pode ser realizada com o uso de dispositivos manuais ou por meio de máquinas-ferramentas (tornos, fresadora, rosqueadeiras, etc.), dependendo principalmente da taxa de produção esperada, mas também das dimensões da rosca. Roscas externas podem ser produzidas por cossinetes (conhecidos como tarraxas) ou por ferramentas de perfil único ou múltiplo. Já roscas internas podem ser produzidas utilizando jogos de machos ou ferramentas de perfil único ou múltiplo (MACHADO et. al., 2009).
- Retificação: diferentemente dos processos anteriores que utilizam uma ferramenta de corte de geometria definida, na retificação o material da peça é removido por meio da ação de grãos abrasivos. Esses grãos são partículas não metálicas, extremamente duras, com arestas que apresentam forma e orientação irregular (MACHADO et. al., 2009).

Segundo Machado cada um dos processos de usinagem citados anteriormente possui como principais entradas:

- Matéria Prima (material a ser usinado);
- Parâmetros de Corte (informações necessárias para a usinagem, como por exemplo, velocidade de corte e avanço);
- Fluidos de Corte ou fluidos lubri-refrigerantes;
- Ferramentas de geometria definida ou indefinida, (ferramenta responsável pelo corte);
- Energia elétrica.

Como principais saídas os processos apresentam:

- Peça acabada;
- Cavacos;
- Fluidos de Corte ou fluidos lubri-refrigerantes;
- Ferramentas, de geometria definida e indefinida, desgastadas.
- Calor;
- Energia elétrica consumida.

Os processos de usinagem geram resíduos, de diferentes características e quantidades, que precisam ser gerenciados adequadamente para não causar poluição ambiental e danos à saúde do homem.

2.5 USINAGEM *VERSUS* SUSTENTABILIDADE

Conforme os processos de usinagem começam a se preocupar em sua aplicação com os princípios de sustentabilidade, medições precisam ser definidas, a fim de determinar o nível de sustentabilidade em que a organização está inserida. Pusavec et al. (2010) avaliaram e compararam diferentes estratégias, levando em consideração diversos parâmetros econômicos, sociais e ambientais, concluindo que, embora o custo inicial e esforços envolvidos com alternativas sustentáveis de usinagem serem maiores, eles podem oferecer benefícios de sustentabilidade significativa como ciclos de produção mais curtos e menor custo necessário pós fabricação.

2.5.2 Conceito De Sustentabilidade

Joung et al. (2012) apresentam uma categorização de indicadores de sustentabilidade com base na similaridade mútua dividida em cinco dimensões: gestão ambiental, o crescimento econômico, o bem-estar social, o avanço tecnológico e de gestão de desempenho, conforme mostrado na Figura 7.



Figura 7 - Categorização de indicadores de sustentabilidade.
 Fonte: Adaptado JONG et al., 2012.

Sendo assim, a palavra "verde", geralmente usada para refletir a uma consciência ambiental amigável, quando é adicionada à fabricação, é usada para descrever a abordagem de fabricação que está consciente dos impactos de seus produtos e processos sobre os recursos ambientais e incluem esses impactos no seu planejamento geral de eficiência e controle (DEIF, 2011).

Para a medição de sustentabilidade, os principais conceitos utilizados são a produtividade (relação entre saída por unidade de recursos utilizados) e a intensidade (relação entre o consumo de recursos no uso por unidade de saída) de recursos, na tentativa de dissociar a conexão direta entre o uso de recursos para fabricação e a degradação ambiental. Sendo assim, do ponto de vista da sustentabilidade, o objetivo é maximizar a produtividade dos recursos, minimizando a intensidade de recursos (DORNFELD, 2013).

Com a intenção de visualização de possibilidades para uma produção sustentável, Yuan, Zhai e Dornfeld (2012) desenvolveram um sistema triangular que

tenta abordar as questões de sustentabilidade de fabricação do ponto de vista da prevenção da poluição, considerando os três principais componentes de fabricação: tecnologia, energia e materiais, como mostrado na Figura 8.

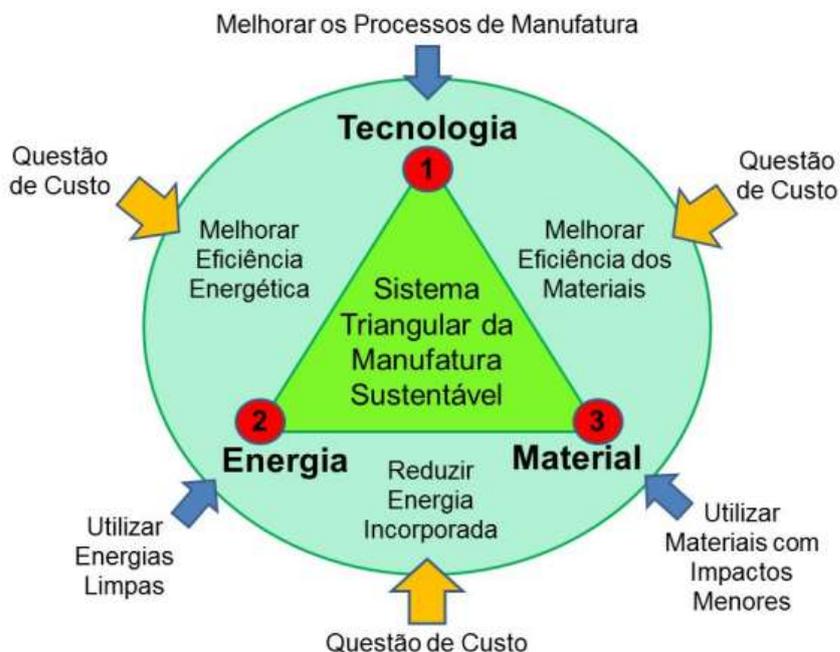


Figura 8 - Sistema triangular para a manufatura sustentável.
Fonte: Adaptado de YUAN, ZHAI e DORNFELD, 2012.

Os autores associam que a melhora do sistema de manufatura através de vários critérios da eficiência energética e de materiais, da redução da energia incorporada ao sistema, da melhoria dos processos, além da utilização de fontes de energia mais limpas e materiais com menores impactos ambientais. Está intimamente ligada a melhora em questões de custos. No entanto, conclusões retiradas de alguns artigos de revisão feitas sobre esses modelos apresentados e diversos outros (HOOGMARTEENS et al, 2014; FAZENI, LINDORFER e PRAMMER, 2014) revelam que apesar de um grande progresso já alcançado na área, ainda existem algumas lacunas que precisam ser construídas a fim de se criar uma dimensão verdadeiramente sustentável, composta pelas três dimensões da sustentabilidade (ambiental, econômica e social). A Figura 9 mostra as ferramentas mais utilizadas para avaliar cada dimensão e as lacunas encontradas (pontos que ainda precisam ser desenvolvidos) para criar uma dimensão sustentável completa.

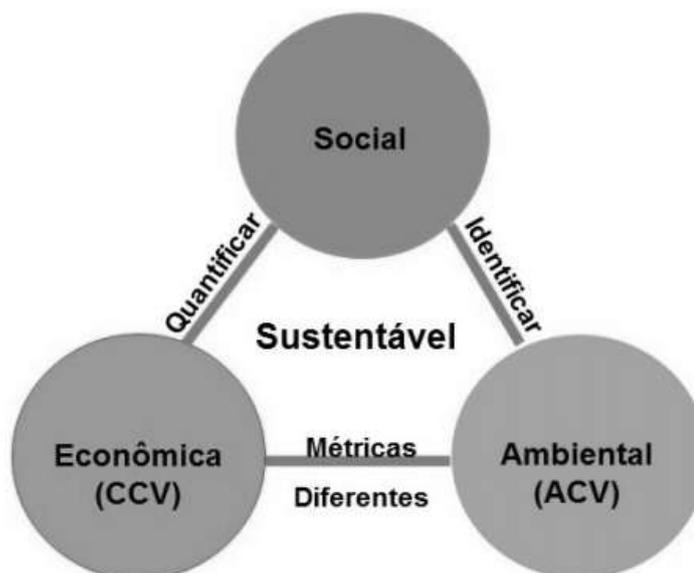


Figura 9 - Três linhas básicas da sustentabilidade.

Fonte: Zanuto, 2016, p.31.

Em termos de aspectos econômicos e ambientais, percebe-se que a principal dificuldade para a união deles são as diferentes métricas utilizadas (CCV- Custo do Ciclo de Vida usa valor monetário e ACV- Avaliação de Ciclo de Vida usa unidades físicas, como energia, massa, volume), além da necessidade de um grande banco de dados ao longo do ciclo vida (HOOGMARTEENS et al., 2014).

2.5.3 Aplicação De Sustentabilidade Em Usinagem

Parte significativa de todo material produzido nos processos de usinagem torna-se cavaco, mas apesar das perdas a usinagem ainda é uma das alternativas mais acessíveis para produzir diversas peças metálicas. Para reduzir tais perdas sugere-se que os processos sejam aprimorados, evoluindo as tecnologias proporcionando padrões de usinagem com alta eficiência e precisão. Com relação ao nível de processos de usinagem, os critérios de otimização mais comumente utilizados são a taxa de remoção de material, rugosidade superficial, força de corte, vida de ferramenta e potência consumida (GOPARSAMY et al., 2009).

Neste contexto, o setor metal-mecânico enfrenta o desafio do gerenciamento ambiental, precisando adaptar com urgência ao processo produtivo, tecnologias inovadoras que ajam com o intuito de alcançar a sustentabilidade. No entanto, a otimização de um único fator tem um valor limitado para uma condição de corte ótima

em um ambiente onde objetos diferentes e contraditórios devem ser atingidos simultaneamente. Na verdade, muitas vezes a melhora de um fator de usinagem só é possível com a piora de outros, levando ao desenvolvimento de modelos multiobjetivos, como o apresentado por Yan e Li (2013), na Figura 10.

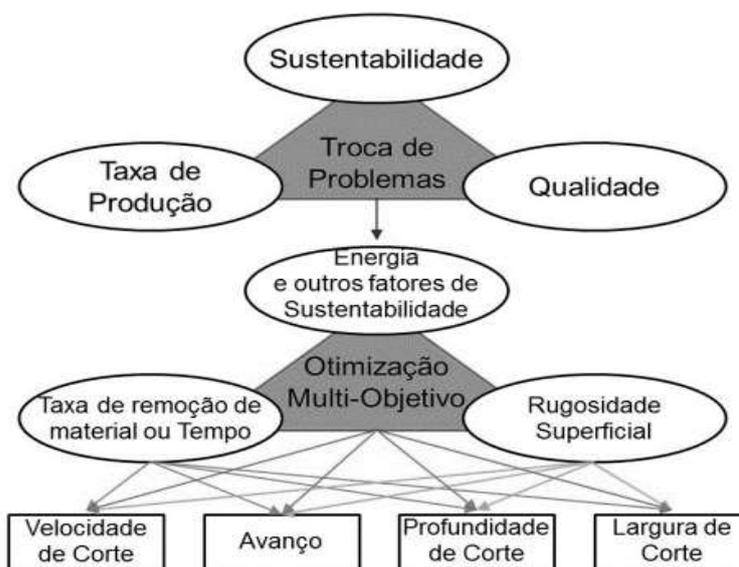


Figura 10- Otimização multiobjetivos de processos de usinagem.
Fonte: Adaptado de YAN e LI, 2013.

De acordo com o modelo da Figura 10, pode ser observado que para um processo de usinagem ser considerado sustentável, o mesmo deve se preocupar na otimização da taxa de produção, o que impacta diretamente no custo de uma peça, mas também com a qualidade, que pode trazer custos extras de produção (como refugos) e também de pós-produção (como peças de baixo rendimento na fase de uso), sem negligenciar os fatores ambientais (como o consumo de energia). Um parâmetro de corte que mostra bem essa problemática é a velocidade de avanço, uma vez que seu aumento gera redução no tempo de produção de uma peça, mas também piora na rugosidade superficial da mesma, como abordado por Diniz, Marcondes e Coppini (2010).

Com relação ao processo, percebe-se um grande esforço feito em termos de otimização e eficiência de recursos. Xianchun et al. (2006) desenvolveram um método para melhorar a rota de processos de empresas em termos de fabricação sustentável que, a partir de informações prévias do processo em questão, modifica as informações do processo e, se necessário, seleciona um fluxo de processo para as melhores características de desenvolvimento sustentável (Figura 11).

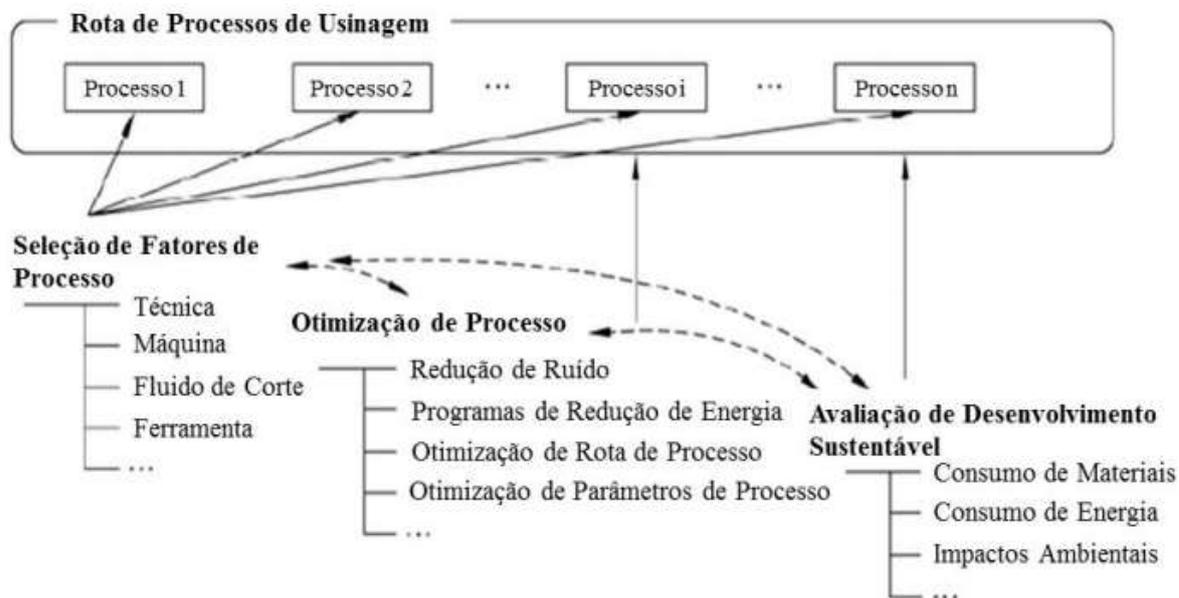


Figura 11 - Rota para melhorar os processos de empresas em termos de fabricação sustentável.

Fonte: XIANCHUN et al., 2006.

De acordo com o modelo apresentado na Figura 11, a melhoria de um processo em termos de desenvolvimento sustentável deve passar pelas seguintes etapas: seleção de fatores de processo (técnica, máquina, etc.), otimização do processo (redução do consumo de energia, nível de ruído, etc.) e avaliação de desenvolvimento sustentável (em termos de consumo de energia e materiais, impactos ambientais, etc.), tudo isso para todos os processos envolvidos na rota de usinagem.

Entretanto, gradativamente é possível observar que a indústria metal mecânica tem investido em sustentabilidade para diminuir a produção de resíduos e contribuir para o meio ambiente. Alguns exemplos são a reciclagem de ferramentas de metal duro (compostas de cobalto, níquel, tântalo e, especialmente, tungstênio) usadas para a usinagem. Hoje existem processos com adição de zinco em altas temperaturas ou por oxidação, que permitem recuperar o tungstênio presente nas ferramentas usadas e sua reconversão em pó, com grau de pureza suficiente para retornar ao processo de sinterização. A partir da valorização do preço do material tungstênio, que triplicou em poucos meses devido ao resultado de medidas de controle das exportações adotadas pela China (país onde se localizam mais de 60% das reservas conhecidas de tungstênio, correspondendo também por mais de 70% da produção atual), verificou-se o crescimento na pesquisa em reciclagem de tungstênio, favorecendo a

diminuição dos custos da ferramenta de corte e contribuindo para o meio ambiente (BORGES, 2010).

Quanto a outros resíduos em usinagem, como cavacos e fluidos de corte, grande parte das indústrias (principalmente as de pequeno porte), não se responsabilizam pela disposição ambientalmente correta, vendendo parte destes resíduos para recuperadores e recicladores. Porém, nem todos compradores estão preparados para o correto manuseio destes resíduos, em decorrência disto, disposição em locais inadequados pode ocorrer, tendo como consequência uma enorme agressão ao ambiente (DANDOLINE, 2001).

O papel das empresas como agentes sociais no processo de desenvolvimento sustentável é imprescindível, sendo que em determinados segmentos industriais, principalmente no setor metalúrgico, é necessário ir mais além, adotando estratégias inovadoras, nas quais a integração entre as estratégias ambientais e de negócio são fundamentais, sob pena de ficarem ultrapassadas em relação aos seus concorrentes (CARDOSO, 2004).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Na primeira fase da pesquisa foi realizada a revisão da literatura e visitas à organização para acompanhamento, objetivando a identificação das classes de resíduos existentes e o seu respectivo impacto ambiental. Portanto, o estudo se caracteriza como estudo de campo exploratório. Neste tipo de pesquisa, o pesquisador realiza seus estudos no local em que os fenômenos ocorrem, propiciando maior entendimento das regras, costumes e convenções, assim, torna-se maior a probabilidade dos sujeitos oferecerem respostas mais confiáveis (GIL, 2002).

3.1 INFORMAÇÕES DO OBJETO DE PESQUISA

A empresa em estudo neste trabalho e objeto do diagnóstico do gerenciamento de resíduos sólidos está situada no município de Imbituva - PR.

A MECÂNICA INDUSTRIAL NOVO TEMPO LTDA – EPP, ilustrada na figura 12, é uma Sociedade Empresária Limitada de Imbituva - PR fundada em 16/11/2012, classificada segundo Lei 123/06 como Empresa de Pequeno Porte (EPP) empresas

desse porte apresentam receita bruta anual na faixa de R\$ 360.000,01 até R\$ 3.600.000,00.



Figura 12 - Vista aérea da empresa.
Fonte: Empresa Mecânica Industrial Novo Tempo, 2016.

A área externa da empresa consiste em um pátio de aproximadamente 16.500 m², que é utilizado para estacionamento e circulação, além de estocar diversos materiais tais como sucatas descartadas dos processos internos da empresa e também adquiridas de terceiros afim de um futuro aproveitamento. Além do espaço destinado à estocagem destes materiais, a área abrange o barracão industrial com 1.510 m², uma residência de 60 m², um depósito de 150 m² e a área administrativa situada na entrada da empresa com 80 m².



**Figura 13 - Quadro de funcionários da empresa.
Fonte: Autoria própria,2017.**

Atualmente conta com um quadro de 30 (trinta) colaboradores, sendo que 03 (três) trabalham exclusivamente em atividades na seção dos tornos mecânicos e 02 (dois) na área administrativa da empresa, os demais prestam serviços na área de soldagem, manutenção industrial e atividades afins, seja elas internas ou externas a empresa. A Figura 13 ilustra a frente do barracão industrial (com faixa azul), os colaboradores e a parte área administrativa da empresa que também é utilizada como recepção (parede com tijolo aparente).

A empresa tem como atividades principais a fabricação e reparação de máquinas e equipamentos e esquadrias metálicas, peças e acessórios para agricultura, pecuária e uso industrial tais como: caldeiras, silos, tanques de combustível entre outros componentes da linha industrial. Em média são fabricadas/reparadas 150 máquinas/peças por mês. Estão presentes na empresa equipamentos tais como: tornos mecânicos, fresadoras, furadeiras de bancada, calandras, prensa pneumática, equipamentos de soldagem, etc. Alguns serviços executados pela organização podem ser vistos na Figura 14.



Figura 14 - Componentes fabricados pela empresa, (a) Filtro de Mangas. (b) Conjunto de partes caldeira: Silo dosador, tubulações, ventilador, exaustor. (c) Alimentadores de laminador de madeira. (d) Queimador de cavaco.
Fonte: Autoria própria,2017.

A área interna da empresa consiste em uma área coberta e fechada, sendo esta composta apenas por um andar térreo, onde estão situadas a área de produção (mostrada na Figura 15), a área de gestão de produção, e a área de recepção de clientes e peças.

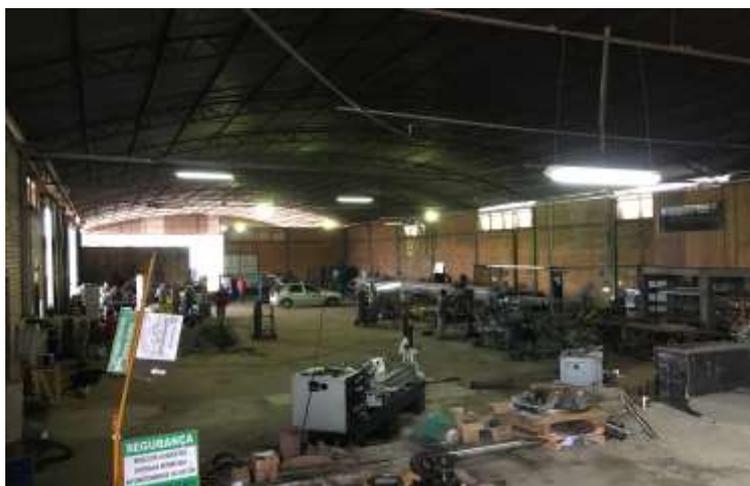


Figura 15 - Área interna da empresa.
Fonte: Autoria própria,2017.

Como não havia área de escritório, o empresário investiu no prédio em uma área de escritório e recepção, para que pudesse organizar a área administrativa e atender seus clientes de forma personalizada (Figura 16). Porém como as demais áreas, essa também foi adaptada e acabou ficando junto à área fabril, o que acaba facilitando o acesso dos clientes ao setor produtivo.



Figura 16 - Adaptação área escritório.
Fonte: Autoria própria,2017.

Embora a preocupação da empresa seja em atender bem seu cliente, percebeu-se uma necessidade de limitar o acesso dos mesmos ao setor produtivo, por segurança dos próprios clientes, uma vez que alguns tem acesso “livre”, sem a utilização de nenhum equipamento de segurança.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A variedade e o volume dos resíduos sólidos gerados nos processos de fabricação de peças metálicas, bem como a dinâmica nos processos produtivos e o atendimento à legislação vigente, quanto à preocupação com as questões ambientais relacionadas aos seus processos de produção, foram fatores determinantes que motivaram o desenvolvimento deste trabalho e sua aplicação dentro desta empresa.

Para o diagnóstico da situação atual, com foco no mapeamento do processo produtivo da empresa, além da identificação dos resíduos sólidos esta etapa permitiu ainda, a identificação da emissão de efluentes líquidos industriais e emissões

atmosféricas, sendo estes apresentados em um fluxograma de blocos, Figura 17. Porém, de acordo com as delimitações do trabalho, estes últimos não serão avaliados.

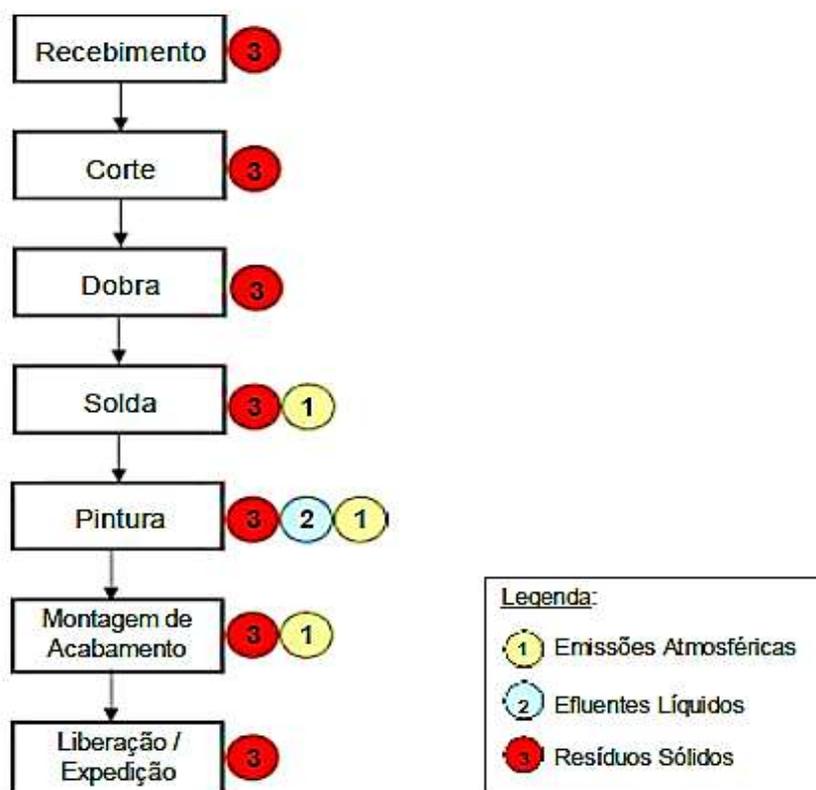


Figura 17 - Fluxograma simplificado do processo produtivo com a identificação dos resíduos.
 Fonte: Autoria própria, 2018.

Este acompanhamento inicial permitiu que se identificasse que a geração dos resíduos sólidos é o aspecto ambiental que está presente em todas as etapas do processo produtivo, reforçando a justificativa desta pesquisa e motivando um estudo mais aprofundado, no qual se buscou evidenciar, também, as entradas de cada fase do processo para se demonstrar a origem, formas de utilização das matérias-primas, insumos e recursos naturais e os tipos de resíduos sólidos gerados nas mesmas. Com este mapeamento realizado, se elaborou o fluxograma simplificado do processo produtivo, com as entradas e saídas de cada etapa, conforme apresenta a Figura 18, evidenciando os tipos de resíduos sólidos gerados nas mesmas.



Figura 18 - Fluxograma simplificado do processo produtivo com a identificação das entradas e saídas em cada etapa do processo.

Fonte: Adaptado Silva, 2013.

Ao definir esta tarefa dentro da etapa de diagnóstico, entendeu-se que facilitaria o estabelecimento da forma de gestão e classificação dos resíduos objetivando a minimização da geração de resíduos e melhorias nas demais fases do seu gerenciamento (segregação, acondicionamento, tratamento ou disposição final) e até a não geração de resíduos em determinados processos.

Com a identificação dos tipos de resíduos gerados em cada etapa do processo produtivo, partiu-se para a classificação dos mesmos com base na Norma NBR 10004 (ABNT, 2004), e a identificação das destinações realizadas até então pela empresa. A classificação dos resíduos e as formas de tratamento ou destinação final, originalmente praticadas pela empresa objeto da pesquisa, conforme Tabela 1.

Tabela 1 -Classificação dos resíduos gerados na empresa e formas de tratamento ou destinação original.

Resíduo Sólido		Classificação	Tratamento ou Destinação Original
Papel/Papelão	Limpos	II – A	Reciclagem Externa
	Contaminados	I	Aterro Industrial - Classe I
Plásticos	Limpos	II – A	Reciclagem Externa
	Contaminados	I	Aterro Industrial - Classe I
Resíduos de tecidos, borrachas, espumas, fibras, mantas de isolamento.		II – A	Aterro Industrial - Classe I
Sucata de Metais Ferrosos [Aço Carbono, Aço Galvanizado, Arame de Solda]		II – A	Reciclagem Externa
Sucata de Metais Não-Ferrosos [Alumínio]		II – A	Reciclagem Externa
Embalagens Vazias Contaminadas		I	Descontaminação Externa
Emulsão de água contaminada com óleo		I	Tratamento Externo
Resíduos de colas, mantas filtrantes, têxteis contaminados, adesivos, lixas.		I	Aterro Industrial - Classe I
Borra de Tinta		I	Aterro Industrial - Classe I
Solvente Contaminado		I	Reciclagem Externa
Têxteis Contaminados		I	Reciclagem/Lavagem Externa
Resíduos de filtros e discos de lixa.		I	Aterro Industrial - Classe I

Fonte: Adaptado Silva, 2013.

A empresa realiza uma gestão de resíduos com certo empenho, mas não é satisfatório, pois não possui indicadores de gestão de resíduos. A mesma acondiciona seus cavacos de forma correta, porém desorganizada, e acondiciona o restante dos resíduos de forma precária. A Figura 19 apresenta o local de acondicionamento para a separação dos resíduos sólidos e /ou líquidos. Esse lugar está em desordem, com

acúmulo de diversos tipos de resíduos, além de ser utilizado também para guardar objetos de funcionários.



Figura 19 - Local utilizado para separação de cavacos e óleos.
Fonte: Autoria própria, 2016.

Os resíduos sólidos gerados nos processos de produção das peças não são segregados, para uma destinação posterior. Os resíduos sólidos classe II são acondicionados no mesmo lugar dos resíduos classe I, gerando maior despesa com destinação de resíduos, sem considerar o possível dano ao meio ambiente.

Também não há um efetivo controle sobre o consumo de matéria-prima para o planejamento da produção a ser entregue, gerando um grande volume de resíduos sólidos para destinação final. Como se percebe na Figura 20 (a), os resíduos são armazenados de forma incorreta, no fundo da empresa, em contato com o solo até ter volume suficiente para que possa revender.

Essa prática além de causar desordem e falta de controle dentro da organização pode provocar problemas no âmbito social enfatizando a saúde pública, uma vez que essa alocação de material é extremamente propícia à geração de doenças transmitidas pelo *Aedes aegypti*. Robles Jr. e Bonelli (2010) reforçam que essa geração de materiais desordenados e doenças podem chegar diretamente ao cliente final, trazendo malefícios em médio e longo prazo aos processos.



**Figura 20 - Acondicionamento de resíduos sólidos. (a) Área interna (b) Área externa.
Fonte: Autoria própria,2016.**

A eliminação do excesso de óleo do cavaco é uma preocupação da empresa, mas a atividade é realizada na área externa da empresa e em contato com o solo, sem nenhum procedimento adequado, conforme ilustração da Figura 21. Barbosa e Corrêa (2015) ainda corroboram a preocupação nesse processo irregular, podendo trazer a contaminação de solo fértil e dos parâmetros hídricos da região. Desta forma, é necessária uma atenção especial a essa questão, no intuito de otimizar os resíduos apresentados.

Experimentos prévios, elencados por Barbosa e Corrêa (2015) ilustram o processo de poluição e decomposição desses espaços em longo prazo, principalmente quando relacionam-se as indústrias metalúrgicas e seus processos principais, mesmo tendo em vista que a geração de resíduos é algo considerado inevitável.



Figura 21 - Atividade executadas em ambiente inadequado.
Fonte: Autoria própria,2016.

No ambiente interno da empresa, existe uma grande quantidade de resíduos alocados próximos às máquinas, sendo eles classificados como perigosos (cavacos) ou não-perigosos (sobra de material após operação de corte). A Figura 22 mostra uma bancada com materiais que podem ser resíduos ou matéria prima, próximos ao esmeril e a serra fita. Observa-se também, que quase não há espaço para que o operador faça suas atividades de forma segura.



Figura 22 - Resíduos e matéria-prima alocados no mesmo local.
Fonte: Autoria própria,2016.

Robles Jr. e Bonelli (2010) afirmam que a qualidade deve estar associada aos processos ambientais das empresas, principalmente nas empresas de pequeno ou médio porte, de forma a maximizar aspectos de organização, disciplina e arrumação. Uma das práticas que poderiam ser auxiliares nesse processo é o enquadramento dos cinco sentidos (5S), de forma a otimizar o espaço e auxiliar nas relações ou processos vigentes.

A Figura 23 mostra resíduos da operação de corte na serra fita. O cavaco, que nesta operação está na forma de finas partículas, deveria ser retirado periodicamente, tanto para auxiliar o operador na visualização do processo quanto para assegurar o funcionamento da máquina (quantidade razoável de cavaco dificulta a retomada do fluido no processo). O material que sobra do corte pode ser reutilizado ou vendido como sucata, mas para tal procedimento o material deve ser classificado, estocado e não deixado na máquina.



Figura 23 - Matéria-prima e pó metálicos misturados.

Fonte: A autoria própria, 2016.

Araújo et al. (2013) afirmam que os elementos que representam compósitos ou materiais residuais podem interferir diretamente na saúde dos colaboradores das indústrias, caso não sejam corretamente ordenados ou classificados no ambiente. Desta forma, os cavacos e resíduos de poeiras podem ser prejudiciais aos envolvidos no processo produtivo.

Em breve conversa com os operadores dos tornos e demais funcionários, foi possível perceber que os mesmos não são treinados quanto à conscientização ambiental e, portanto, desconhecem o seu papel como agente auxiliar deste sistema e das boas práticas.

Constatou-se também que o recolhimento e destinação final dos resíduos (quando realizado) são por empresas devidamente licenciadas pelos órgãos regulamentares. As empresas prestadoras de serviços são Lubrasil de Araucária-PR e Comércio de Ferro Velho Roda Viva Ltda de Ponta Grossa-PR.

O recolhimento e destinação da grande maioria dos resíduos sólidos, como cavaco, são realizados por empresas da região. Este fato justifica o acúmulo de material, mas não a forma de acondicionamento dos resíduos. Há a necessidade de um plano de gestão dos resíduos para o cotidiano, visando assim uma produção mais limpa, que contribui para o bem-estar da comunidade interna e externa à empresa.

O diagnóstico permitiu a identificação de uma série de problemas relacionados à gestão ambiental que necessitavam de melhoria imediata, que estão descritas na Tabela 2.

Tabela 2 - Pontos críticos da empresa.

PONTOS CRÍTICOS ENCONTRADOS NA EMPRESA.
1. Ausência de qualificação dos resíduos gerados.
2. Controle insatisfatório da quantidade de resíduos gerados.
3. Acondicionamento de resíduos de forma desorganizada.
4. Acondicionamento no ambiente externo da empresa de sucatas de forma inadequada.
5. Livre acesso dos clientes ao setor produtivo.
6. Inexistência de lugar destinado a produtos acabados.
7. Desordem e falta de limpeza dos resíduos em alguns equipamentos da empresa.
8. Inexistência de local destinado a matéria prima.
9. Desperdício de matéria-prima no setor produtivo.
10. Ordens de serviços preenchidas de forma incorreta ou insuficiente.
11. Falta de profissionais qualificados em diversos setores.
12. Ausência de projetista, dificultando o andamento de diversos trabalhos.
13. Má definição de tarefas dos colaboradores.
14. Ausência do uso de EPI's, de alguns funcionários.
15. Inexistência de planos de manutenção dos equipamentos da empresa.
16. Dificuldade de planejamento nas execução de tarefas.
17. Ausência de profissional para gerenciar a demanda de serviços externos a empresa.
18. Área de limpeza das peças sem proteção do solo, "chão bruto".

Fonte: Aatoria própria, 2017.

Na sequência, são apresentadas sugestões de melhoria na empresa, com destaque para a importância de cada uma e a descrição das ações propostas:

Diagnóstico e mapeamento do processo produtivo: Efetuar o acompanhamento de cada etapa do processo produtivo com a identificação das matérias-primas e demais recursos utilizados, bem como os resíduos sólidos gerados em cada etapa, para avaliar oportunidades de não geração, redução da geração dos resíduos ou ainda como os mesmos podem ser reutilizados e/ou reciclados. Esta etapa foi realizada como fase inicial do desenvolvimento desta pesquisa e, a partir daí, identificou-se a necessidade de que a mesma faça parte do plano de gestão ambiental.

Caracterização e Segregação dos resíduos: com a identificação dos pontos/etapas de geração dos resíduos parte-se para a caracterização dos mesmos conforme estabelecido na norma NBR 10004 (ABNT, 2004). Com a classificação dos mesmos, é importante se estabelecer a segregação dos resíduos para proporcionar o reuso, reciclagem, tratamento ou destinação ambientalmente adequada. A segregação dos resíduos deve ser realizada na fonte de geração e pelos próprios geradores. A classificação, dos resíduos sólidos trabalhados neste estudo está apresentada conforme Tabela 1.

Para proporcionar a coleta seletiva dos resíduos sólidos industriais, se estabeleceu as formas de segregação dos mesmos nos coletores, conforme Tabela 3, padronizando os carrinhos e os contêineres coletores nas respectivas cores de acordo com o padrão de cores estabelecido pela Resolução nº 275/2001 do CONAMA.

Acondicionamento e Armazenamento Temporário dos Resíduos Sólidos: Identificar as formas adequadas de acondicionamento, atribuindo os conceitos de coleta seletiva e as formas adequadas de armazenamento temporário dos resíduos para posterior envio ao tratamento ou destinação final com base nas normativas vigentes. Atualmente, para o armazenamento temporário dos resíduos sólidos da empresa foco, deve-se seguir o requisito da sua Licença de Operação e legislação vigente, com o atendimento às Normas NBR 12.235 – Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigosos (ABNT, 1992) e NBR 11.174 – Armazenamento de resíduos classes II – não inertes e III – inertes (ABNT,

1990). Como ambas as normas são anteriores a Norma de Classificação de Resíduos Sólidos, a NBR 10004 (ABNT, 2004), é fundamental que se considere a classificação atribuída nesta última, que é mais atual.

Tabela 3 - Padrão para a coleta seletiva para na empresa objeto do estudo.

Cor	Descrição no Coletor	Tipos de Resíduos
	PAPEL	Papel, Papelão e embalagens limpos, jornais, revistas, folhetos comerciais, envelopes, formulários.
	PLÁSTICO	Plásticos em geral limpos, filmes e pequenas embalagens de produtos não perigosos limpas, copinhos, canos, tubos, plásticos duros, garrafas PET, sacos e sacolas plásticas.
	AÇO OU ALUMÍNIO	Containers de Aço: Aço Galvanizado, Chapa Preta, Tubos, Vigas. Containers de Alumínio: Chapas e Perfis de Alumínio.
	VIDRO	Para-brisas e Vidros diversos quebrados, <u>exceto Lâmpadas Fluorescentes que são resíduos perigosos e devem ser acondicionadas na suas caixas de origem.</u>
	RESÍDUOS NÃO PERIGOSOS DE PROCESSO Classe II	São os resíduos que não podem ser Reciclados, porém não são perigosos: fibra de vidro, tapetes, tecidos, napa, espumas, borracha, mantas de isolamento.
	RESÍDUOS PERIGOSOS DE PROCESSO Classe I	São os resíduos que exigem um cuidado especial no armazenamento e na destinação final, como: papel e plástico contaminado com tinta, óleo e graxa; pilhas; baterias; lâmpadas fluorescentes; lodo da ETE; EPI contaminado; solventes; óleos e fluidos, materiais diversos contaminados.
	ORGÂNICO	Restos de alimentos, cascas de frutas e verduras, guardanapos usados, papel toalha e higiênico, poda da vegetação.
	MADEIRA	Restos de madeiras diversas, embalagens, pallets, restos de assoalho, serragem.

Fonte: Adaptado Silva, 2013.

Plano de treinamento: definição das formas e cronograma de treinamento, buscando o entendimento e a colaboração de todos para o gerenciamento dos resíduos sólidos gerados pela atividade fabril da empresa. Salienta-se que todos os funcionários responsáveis pela segregação e acondicionamento dos resíduos deverão ser treinados e orientados sobre a importância do gerenciamento de resíduos e suas

vantagens. O Plano de Treinamento deve ser definido à liderança da fábrica de forma que estes multipliquem as informações aos demais colaboradores.

Acompanhamento do Plano de Gestão Ambiental: atribuir indicadores, com metas previamente estabelecidas, para o acompanhamento/monitoramento do gerenciamento dos resíduos de forma a avaliar a sua eficiência e eficácia. Para este acompanhamento, sugere-se estabelecer inicialmente, três objetivos, metas e indicadores de controle, conforme Tabela 4 e, a partir daí, definir diferentes frentes de trabalho. Para estas frentes de trabalho, os operadores são os responsáveis pela coleta de dados quanto a quantificação dos resíduos gerados, os gestores são os responsáveis pelo acompanhamento das informações junto aos operadores e a alimentação da planilha de indicadores com os dados levantados seguindo pela análise e acompanhamento dos resultados do indicador e definição de planos de ação no caso de atingimento das metas e/ou necessidades de melhorias. Para isto, utiliza-se a ferramenta PDCA (*Plan, Do, Check, Action*) de maneira a assegurar a melhoria contínua do plano implantado, tornando-o dinâmico na organização.

Tabela 4 - Objetivos, Metas e Indicadores definidos para o acompanhamento.

Objetivo	Meta	Indicador
Reduzir a geração de resíduos perigosos.	Geração máxima de 20% de resíduos no mês.	$\frac{\text{Quantidade de resíduo gerado no mês}}{\text{Quantidade de peças produzidas no mês}}$
Reduzir a geração de Sucata de metais.	Geração máxima de 10% de resíduos no mês.	$\frac{\text{Quantidade de Sucata de metais gerada no mês}}{\text{Quantidade de metais consumida no mês}}$

Fonte: Autoria própria, 2018.

Salienta-se que existem outras possíveis soluções ambientalmente corretas para o gerenciamento ambiental, porém com base nos estudos e avaliações atuais, se optou por estas soluções/sugestões apresentadas. Ainda, é importante considerar que para a continuidade do plano proposto para a empresa, sugere-se a metodologia PDCA visando se trabalhar a melhoria contínua quanto às ações para o gerenciamento dos resíduos da forma mais adequada e economicamente viável possível.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para as indústrias do segmento metal mecânico, os resíduos sólidos são um dos aspectos ambientais mais importantes e prioritários para se trabalhar dentro da gestão ambiental, pois apresentam alto potencial de risco de poluição ambiental, em virtude, principalmente, da diversidade de tipos e do grande volume dos mesmos (MACHADO et al, 2009). Quanto maior a diversidade de resíduos gerados por uma empresa, mais complexas são as formas de gerenciamento dos mesmos e, esta foi a situação apresentada na empresa deste estudo.

Neste aspecto, foi possível concluir que a etapa de diagnóstico e mapeamento do processo produtivo da empresa, é fundamental para a implantação de um plano de gerenciamento ambiental, pois permite conhecer a origem da geração e os diferentes tipos de resíduos gerados em cada etapa, possibilitando, já nesta fase, a identificação de aspectos para a minimização na geração dos resíduos.

É de fundamental importância uma mudança de paradigma na conscientização dos funcionários da empresa, principalmente os ligados à área produtiva, quanto à prática da coleta seletiva pela importância da segregação dos resíduos na fonte como forma de proporcionar o seu aproveitamento como reuso ou reciclagem.

O diagnóstico deve ser utilizado como um instrumento dinâmico (BERTÉ, 2009), pois para a manutenção dos resultados positivos necessitam de acompanhamento constante, inclusive, quanto ao treinamento dos funcionários e quanto à definição e monitoramento de indicadores.

Com o desenvolvimento deste trabalho pode-se concluir que a realização de um diagnóstico ambiental proposto para empresas do segmento metal mecânico foi efetiva, visto que se pode obter como resultado uma série de ganhos com o gerenciamento dos resíduos gerados pela empresa foco. Outro aspecto identificado é que as melhorias propostas apresentam um formato generalista e, portanto, é possível que seja aplicado/implantado em organizações de diferentes segmentos.

REFERÊNCIAS

- ABETRE. 2006. Associação Brasileira de Empresas de Tratamento de Resíduos. **Perfil do setor de tratamento de resíduos e serviços ambientais**. São Paulo: ABETRE, 2006.
- ANDRADE R. O. B.; Tachizawa, T.; Carvalho, A. B. **Gestão Ambiental: enfoque estratégico aplicado ao desenvolvimento sustentável**. 2. ed. São Paulo: Pearson Education – Makröns Books, 2002.
- ARAÚJO, A. T.; BATTISTELLE, R. A. G.; ALVARENGA, R. P.; MAIA, D. T. Um Estudo Sobre a Gestão de Resíduos em Uma Indústria de Utilidades Domésticas. In: **XXXIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção: a Gestão dos Processos de Produção e as Parcerias Globais para o Desenvolvimento Sustentável dos Sistemas Produtivos**, Salvador, BA, 2013.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR – 11174 – **Armazenamento de resíduos classes II – Não Inertes e III Inertes**. RJ. 1990 – 7 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT NBR - 12235 – **Armazenamento de Resíduos Sólidos Perigoso** – ABNT, RJ, 1992 14 p.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS ABNT 10.004. **Resíduos Sólidos: Classificação**. NBR 10.004 Rio de Janeiro: ABNT, 2004. 71 p
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO 14001: **Sistema de Gestão Ambiental**. Rio de Janeiro. ABNT, 2004
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS NBR ISO 14040:2009 - 2014. **Gestão ambiental - Avaliação do ciclo de vida – Princípios e estrutura**. ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas, 2009.
- BARBOSA, A. A.; CORRÊA, S. M. **Caracterização Química de Solo Contaminado por Resíduos Sólidos Urbanos na Estrada Arroio Pavuna em Jacarepaguá no Município Rio de Janeiro**. *Engevista*, v. 17, n. 2, p. 266-272, 2015.
- BERTÉ, Rodrigo. **Gestão Socioambiental no Brasil**. São Paulo: Saraiva, 2009.
- BORGES, A. **Reciclar é preciso**. *Usinagem Tech*, São Paulo, n.1, p.6-11. 2010. Disponível em: <<http://usinagem-tech.com.br>> Acesso em: 17/05/2017.
- BORN, R. H. **Grandes Desafios para a Gestão Ambiental**. Boletim da Fundação Vanzolini, 2000. 42 p.
- BRAGA, Benedito et al. **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2002. 305 p.

BRAGA M. C & DIAS C. N.; **Gestão de Resíduos Sólidos Urbano** volume I. Curitiba, 2008.

CALDERONI, Sabetai. **Os bilhões perdidos no lixo**. 4 ed. São Paulo: Humanitas, 2003. 346 p.

CARDOSO, Ligia Maria Franca. **Indicadores de produção limpa: Uma proposta para análise de relatórios ambientais de empresas**. 2004. 155p. (Dissertação de mestrado) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2004.

CERETTA, P.S. et al. **Responsabilidade social: gestão ambiental pode gerar lucro**. In: III Congresso USP Controladoria e Contabilidade, São Paulo: 2003.

CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução nº275/2001 Diário Oficial da União. Brasília – DF.

CONSONI, Ângelo José; SILVA, Isabel da; GIMENEZ FILHO, Antônio. **Disposição Final do lixo**. In: D'ALMEIDA Maria Luiza Otero; VILHENA André (Org.). LIXO municipal manual de gerenciamento integrado. São Paulo: IPT, 2000. Cap. 5. 251-290p.

COSTA, E. S.; SANTOS, D. J. **Processos de Usinagem**. (Apostila). Divinópolis: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais – CEFET-MG, 2006. 85p.

DANDOLINE, Décio Luis. **Gerenciamento ambiental de fluidos de corte em indústrias metal-mecânicas**. 2001.145p. (Dissertação de mestrado, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Ambiental) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

DEIF, A.M. **A system model for green manufacturing**. Journal of cleaner production, v. 19, p.1553-1559, 2011.

DIAS, Reinaldo. **Gestão ambiental: responsabilidade social e sustentabilidade**. São Paulo: Atlas, 2006.

DINIZ, A.E.; MARCONDES, F.C.; COPPINI, N.L. **Fresamento**. In: _____. Tecnologia da usinagem dos materiais. Artliber, 7.ed., p. 213-246, São Paulo. 2010.

DONAIRE, Denis. **Gestão ambiental na empresa**. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

DORNFELD, D. **Effective utilization of resources, Part 2** . Disponível em: <<http://green-manufacturing.blogspot.com.br>> Acessado: 20/09/2017.

ELKINGTON, J.; BURKE, T. **The green capitalists**. Londres: Gallancz,1989.

FAZENI, K.; LINDORFER, J.; PRAMMER, H. **Methodological advancements in life cycle process design: A preliminary outlook. Resources, conservation and recycling**. v.92, p.66-77, 2014.

FERRARESI, Dino. **Fundamento da Usinagem dos Metais**. São Paulo: editora Edgard Blücher Ltda, 2000. 747 p.

FERREIRA, João Alberto. **Resíduos Sólidos: Perspectivas atuais**. In: SISINNO, Cristiana Lucia Silveira; OLIVEIRA, Rosália Maria de (Org.). Resíduos sólidos, ambiente e saúde: uma visão multidisciplinar. Rio de Janeiro: FIOCRUZ, 2002.

GIL, Antonio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo, v. 5, p. 61, 2002.

GOPARSAMY, B.M.; MONDAL, B.; GHOSH, S. **Taguchi method and ANOVA: an approach for process parameter of hard machining while machining hardened Steel**. Journal of Science & Industrial Research. v.68, p.686-695, 2009.

GROOVER, Mikell. **Introdução aos processos de fabricação**. 1 ed. Rio de Janeiro: LTC, 2014. 737 p.

GÜNTHER, W.M.R. **Resíduos sólidos no contexto da saúde ambiental**. Livre docência. Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública. São Paulo, 2008. 148 p.

HOOGMARTENS, R.; VAN PASSEL, S.; VAN ACKER, K.; DUBOIS, M. **Briding the gap between LCA, LCC, CBA as sustainability assessment tools**. Environmental impact assessment review, v.48, p.27-33, 2014.

ISO. **International Organization for Standardization**. Environmental management - the ISO 14000 family of international standards. 2002.

JORGENSEN, T. H.; REMMEN, A.; MELLADO, M. D. **Integrated management systems – three different levels of integration**. Journal of Cleaner Production, Amsterdam, v. 14, n. 8, p. 713-722, 2006.

JOUNG, C.B.; CARREL, J.; SARKAR, P.; FENG, S.C. **Categorization of indicators for sustainable manufacturing**. Ecological Indicators, v.24, p.148-157, 2012.

LEI COMPLEMENTAR Nº 123, DE 14 DE DEZEMBRO DE 2006. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/Leis/lcp/lcp123.htm. Acessado em: 09/2017.

LIMA, José Dantas. **Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil**. [S. L.]: ABES, 2001. 267 p.

MACHADO, A. R.; ABRÃO A. M.; COELHO, R. T.; SILVA, M. B. **Teoria da Usinagem dos Materiais**. São Paulo: Editora Blucher, 2009. 371p.

MAIER, R.I.; CRUZ, H.A. **Logística reversa: gerenciamento ambiental de resíduos gráficos – um estudo em uma microempresa de SC**. XI Simpósio de Excelência em Gestão e Tecnologia, 2014. Disponível em: <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos14/45120578.pdf>. Acesso em: 09/2017.

MAROUN, C. A. **Manual de Gerenciamento de Resíduos: Guia de procedimento passo a passo**. 2ª edição. Rio de Janeiro: GMA, 2006. Disponível em: <http://www.firjan.org.br/data/pages/2C908CE9215B0DC4012164980A2B5B2B.htm> ou <http://www.firjan.org.br/>. Acesso em: 17/05/2017.

MEINDERS, H.; MEUFFELS, M. **Product chain responsibility – an industry perspective**. Corporate Environmental Strategy, v. 8, n. 4, p. 348-354, 2001. Disponível em: [http://dx.doi.org/10.1016/S1066-7938\(01\)00111-7](http://dx.doi.org/10.1016/S1066-7938(01)00111-7) Acessado em 03/09/2017.

PEREIRA, W. C. **Alternativas de utilização de resíduos sólidos alcalinos na disposição de resíduos contaminados: estudo de caso no estado do Rio de Janeiro, Brasil**. Eng. Sanit. Ambient. 2008, vol.13, n.2, pp. 163-170.

PERUCCHI, Priscila Benedet. **Classificação e Destino Final de Resíduos de Fundição**. 2007. Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma.

PHILIPPI JR., A. (Ed.). **Saneamento, Saúde e Ambiente: fundamentos para um desenvolvimento sustentável**. Barueri, SP: Manole, 2005. 842p. (Coleção Ambiental, 2).

PRICEWATERHOUSECOOPERS, 2006. **Estudo sobre o setor de tratamento de resíduos industriais**. PwC 2006.

PUSAVEC, F.; KRAJNIK, P.; KOPAK, J. **Transitioning to sustainable production – Part I: application on machining technologies**. Journal of cleaner production. v. 18, p. 174 - 184, 2010.

ROBLES JR, Antonio; BONELLI, Valério Vitor. **Gestão da Qualidade e do Meio Ambiente: enfoque econômico, financeiro e patrimonial**. São Paulo: Atlas, 2010.

ROMERO, T.B. 2005. **O Sistema de Gestão Ambiental em uma Indústria do Ramo de Telecomunicações – estudo de caso de Implantação da NBR ISO 14001**. Trabalho de conclusão de curso. Pontifícia Universidade Católica. Curitiba, 2005.

SANTOS, D. **Sistema de gestão ambiental, sustentabilidade e vantagem competitiva: em busca de uma convergência**. Encontro Nacional de Engenharia de Produção, Fortaleza, 2006.

SCATENA, M.I.C. **Ferramentas para a moderna gestão empresarial**. Curitiba: Ibpex, 2010.

SEIFFERT, M. E. B. ISO 14001 **Sistemas de gestão ambiental: implantação objetiva e econômica**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

SERBER, S. L. **Proposta de implantação e certificação de um sistema de gestão ambiental: estudo de caso de indústria metal-mecânica.** 2009. 181 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia -Universidade do Estado do Rio de Janeiro – UERJ, Rio de Janeiro, 2009.

SILVA, A. P. **Proposta e implantação de um plano de gestão de resíduos sólidos em uma indústria do setor metal mecânico.** 2013. 95 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) –Universidade Federal do Rio Grande do Sul – UFRGS, Porto Alegre, 2013.

SILVA, A. P.; TUBINO, R. M. C. **Proposta de metodologia de gerenciamento de resíduos em indústria metal mecânica utilizando conceitos de produção mais limpa.** Anais... 67º Congresso Anual da Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração – ABM, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. 2012.

SIMIÃO, J. **Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais em uma Empresa de Usinagem sobre o enfoque da produção mais limpa.** 2011. 169 f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2011.

STOETERAU, R. L. **Introdução aos processos de usinagem.** Disponível em:<<http://www.lmp.ufsc.br/disciplinas/emc5240/Aula-01-U-2007-1-Introducao.pdf>> Acesso em: 01/04/2017.

TOCCHETTO, M. R. L. **Curso de Tratamento de Efluentes Líquidos e Gerenciamento de Resíduos Sólidos Industriais: parte 2 – resíduos sólidos.** Cuiabá, 2007. 152p.

YAN, J.; LI, L. **Multi-objective optimization of milling parameter – the trade-offs between energy, production rate and cutting quality.** Journal of Cleaner Production. vol. 52, p.462- 471, 2013.

YUAN, C.; ZHAI, Q.; DORNFELD, D. **A Three dimensional system approach for environmentally sustainable manufacturing.** CIRP Annals – Manufacturing Technology. v. 61, p.39-42, 2012.

XIANCHUN, T.; FEI, L.; DACHENG, L.; LI, Z.; HAIYING, W.; YIHUA, Z. **Improved methods for process routing enterprise production process in terms of sustainable development II.** Tsinghua Science and Technology. v. 11, p.693-700, 2006.

ZANTA, Viviana Maria; FERREIRA, Cynthia Fantoni Alves: **Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos Urbanos.** In. CASTILHO JUNIOR Armando Borges de (Org.). Resíduos Sólidos Urbanos: Aterro Sustentável para Municípios de Pequeno Porte, Rio de Janeiro: ABES, RiMa, 2003. p 1-17.

ZANUTO, Rodolfo de Souza. **Avaliação de parâmetros de sustentabilidade em processos de usinagem.** 2016. 101f. Tese (Doutorado). Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Mecânica, Campinas – SP, 2016.