

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
COORDENAÇÃO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

BRUNA BALDUINO MOREIRA

NATHÁLIA FERNANDEZ NASCIMENTO

**ENGENHARIA DA SUSTENTABILIDADE: APLICAÇÃO DA
FERRAMENTA FMEA COM ÊNFASE NO GERENCIAMENTO DE
RESÍDUOS INDUSTRIAIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

MEDIANEIRA

2018

BRUNA BALDUINO MOREIRA
NATHÁLIA FERNANDEZ NASCIMENTO

**ENGENHARIA DA SUSTENTABILIDADE: APLICAÇÃO DA
FERRAMENTA FMEA COM ÊNFASE EM GERENCIAMENTO DE
RESÍDUOS INDUSTRIAIS NA CONTRUÇÃO CIVIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Graduação, em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, Campus Medianeira, como requisito parcial à obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientadora: Prof^a. Dr^a. Carla Cristina Bem

Coorientador: Prof. Me. Neron Alipio Cortes Berghauser

MEDIANEIRA

2018



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ
Câmpus Medianeira
DIRETORIA DE GRADUAÇÃO E EDUCAÇÃO PROFISSIONAL
Departamento Acadêmico de Produção e Administração
Curso de Graduação em Engenharia de Produção



TERMO DE APROVAÇÃO

ENGENHARIA DA SUSTENTABILIDADE: APLICAÇÃO DA FERRAMENTA FMEA COM ÊNFASE EM GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS INDUSTRIAIS NA CONTRUÇÃO CIVIL

BRUNA BALDUINO MOREIRA

NATHÁLIA FERNANDEZ NASCIMENTO

Este trabalho de conclusão de curso foi apresentado no dia 19 de novembro de 2018 como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Câmpus Medianeira. As candidatas foram arguidas pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho de diplomação aprovado.

Prof^a. Dr^a. Carla Cristina Bem
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Me. Neron Alipio Cortes Berghauser
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof. Esp. André Inácio Melges
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof^a. Me. Simone Geitenes Colombo
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

A Deus, aos meus avós, aos meus pais, ao meu companheiro e aos meus amigos.

Parceiros de todas as horas... minha eterna gratidão.

AGRADECIMENTOS DE NATHÁLIA FERNANDEZ NASCIMENTO

Agradeço a Deus por ser, estar e viver dentro dos meus pensamentos e da pessoa que sou, nos melhores e piores momentos, com sua fé em mim, foi fundamento e criação para me promover coragem em questionar realidades e exibir um novo acervo de possibilidades ao mundo.

Agradeço a minha família, meus avós Tereza e Juan, que me ensinaram o valor das coisas, companheirismo, respeito e amor, a minha mãe Aurora e ao meu pai Silvio (*in memoriam*), por me ensinarem a amar além da vida, pela educação, carinho e atenção em todos os momentos que precisei, e aos meus irmãos, Victor e Luiza por estarem comigo mesmo estando longe, apoiando e motivando.

A Universidade Tecnológica Federal do Paraná, seu corpo docente, administração, direção e núcleos de apoio agradeço pela oportunidade de realizar um sonho e a repercussão em abrir uma janela no horizonte dos meus conhecimentos.

A minha Prof^a Dr^a Carla Cristina Bem e Prof. Me. Neron Alipio Cortes Berghauer por me proporcionar uma formação profissional, não somente por terem me orientado e ensinado, mas pelas ideias e aconselhamentos durante esta jornada.

Aos Professores e funcionários da Universidade por terem me ensinado a efetividade do verbo aprender e por terem me feito adquirir um conhecimento intangível.

Ao meu companheiro Eduardo pelo amor, apoio, paciência e principalmente por estar ao meu lado a inúmeros anos, a minha mais que amiga, uma irmã que eu recebi da vida, Taís Tellini, os meus amigos de convivência e experiências, durante esses anos, sem vocês a faculdade não seria a mesma.

Enfim, obrigada a todos que estiveram comigo no percurso desses diversos aprendizados e que me enviaram vibrações positivas, este ato é retribuído pelo Universo.

AGRADECIMENTOS DE BRUNA BALDUINO MOREIRA

Ninguém caminha sozinho! Ao concluir este trabalho, muitas coisas se passaram em minha cabeça. Tenho muito a agradecer.

Agradeço primeiramente à Deus por permitir a conclusão de um dos maiores planos que eu fiz para a minha vida.

Aos meus pais, Adriana e Benedito, por aceitarem a difícil missão de “me deixar bater asas”. Obrigada pela confiança, pelo apoio e por sonharem o meu sonho junto comigo. Aos meus irmãos Gabriela e Matheus e aos meus primos Danielle e Darcio, por toda a ajuda e por acreditarem no meu potencial. Agradeço também, à uma das melhores pessoas que eu conheci em toda a minha vida e que infelizmente não está mais entre nós, a minha querida tia Azenir. Obrigada por me fazer acreditar que todos os meus sonhos poderiam se tornar realidade. O resultado está na conclusão deste curso!

À minha orientadora Prof. Carla, que contribuiu muito com todo seu conhecimento para que este trabalho fosse concluído.

Agradeço imensamente a minha companheira de trabalho Nathália F. N., por compartilhar comigo todas as suas ideias, aprendizado e motivações no decorrer da elaboração deste trabalho.

Aos meus colegas de turma e de vida, tanto de Medianeira quanto da minha cidade natal, São Sebastião do Paraíso. Obrigada por estarem presentes nos melhores e nos piores momentos. Vocês deixaram essa caminhada muito mais divertida.

À Universidade Tecnológica Federal do Paraná, em especial a sede de Medianeira, por todas as oportunidades concedidas a mim e a toda comunidade acadêmica.

Agradeço aos técnicos da Universidade e aos demais professores e servidores, por sempre se mostrarem dispostos a esclarecer qualquer dúvida.

E finalmente, agradeço aos demais que, indiretamente, através de um sorriso, um silêncio ou uma palavra qualquer, me motivaram a realizar este trabalho.

Muito obrigada!

"Não basta ensinar ao homem uma especialidade, porque se tornará uma máquina utilizável, mas não uma personalidade. É necessário que adquira um sentimento, um senso prático daquilo que vale a pena ser empreendido, daquilo que é belo, do que é moralmente correto.

A não ser assim, ele se assemelhará, com seus conhecimentos profissionais, mais a um cão ensinado que a uma criatura harmoniosamente desenvolvida. "

Albert Einstein

RESUMO

MOREIRA, Bruna Balduino; NASCIMENTO, Nathália Fernandez. **Engenharia da Sustentabilidade: Aplicação da Ferramenta FMEA com Ênfase em Gerenciamento de Resíduos Industriais na Construção Civil**. 2018. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

Neste trabalho buscou-se apresentar, adaptar e aplicar a ferramenta denominada *Failure Mode and Effects Analysis* – Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial, conhecida como FMEA, verificando sua efetividade na significância de impactos ambientais em uma empresa de usinagem de concreto armado. A ferramenta possibilitou uma melhor visualização dos resíduos gerados no processo de produção estudado, assim indicando um Sistema de Gestão Ambiental como gerenciamento dos resíduos como solução. Foram apresentadas as formas de preenchimento da ferramenta FMEA, para assim adaptá-las ao processo estudado. Quanto aos resultados obtidos com esta pesquisa, a ferramenta demonstrou-se eficiente ao propósito do estudo, pois estabeleceu com exatidão o aspecto e o impacto ambiental, para uma avaliação da severidade, evidenciando em qual processo/resíduo deve-se aplicar um gerenciamento dos resíduos na empresa. Correspondendo, respectivamente, ao modo e efeito de falha do processo, avaliando a significância do impacto e sua influência na quantidade e periculosidade dos resíduos gerados.

Palavras-chave: Resíduos Industriais. Ferramentas da Qualidade. FMEA.

ABSTRACT

MOREIRA, Bruna Balduino; NASCIMENTO, Nathália Fernandez. **Sustainability Engineering: FMEA application in Construction industrial waste management.** 2018. Monografia (Bacharel em Engenharia de Produção) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

In this work, we attempted to present, adapt and apply the tool called Failure Mode and Effects Analysis, known as FMEA, to verify its effectiveness in the significance of environmental impacts in a reinforced concrete machining company. The tool allowed a better visualization of the residues generated in the production process, thus indicating an Environmental Management System as waste management as a solution. The FMEA tools were presented in order to adapt them to the process studied. As for the results obtained with this research, the tool proved to be efficient for the purpose of the study, since it accurately established the aspect and the environmental impact, for an evaluation of the severity, evidencing in which process / residue should be applied waste management in the company. Corresponding, respectively, to the mode and effect of failure of the process, evaluating the significance of the impact and its influence on the quantity and hazard of the generated waste.

Key-words: Industrial waste; Quality tool; FMEA.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Classificação dos resíduos sólidos quanto à sua origem.	22
Figura 2. Classificação dos resíduos da construção civil.	23
Figura 3. Classificação e Técnica para Minimização de Resíduos.	27
Figura 4. Alternativas de Reciclagem.	28
Figura 5. Território da empresa.	40
Figura 6. Fluxo das matérias primas.	42
Figura 7. Distribuição dos funcionários da empresa quanto ao gênero.	44
Figura 8. Função dos colaboradores.	44
Figura 9. Salários dos funcionários por função.	45
Figura 10. Distribuição dos funcionários por tempo de serviço.	46
Figura 11. Fluxograma do Processo Produtivo do Concreto.	47
Figura 12. Entrada e saídas do processo de produção do concreto.	57
Figura 13. Sistema de Decantação dos Resíduos.	61
Figura 14. Usina de Britagem Móvel.	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Modelo de Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial.	50
Quadro 2. Preenchimento do documento FMEA.....	51
Quadro 3. Critérios de avaliação para severidade.	52
Quadro 4. Critérios de avaliação para probabilidade de ocorrência.....	53
Quadro 5. Critérios de avaliação para detecção.	54
Quadro 6. FMEA aplicado no processo de usinagem do concreto.....	56
Quadro 7. Definição das entradas e saídas de resíduos do processo produtivo.	58

LISTA DE TABELAS

Quadro 1. Classificação quanto à origem dos resíduos sólidos, responsabilidade e suas destinações finais.....	19
---------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

LISTA DE SIGLAS

ASCE	<i>American Society of civil engineering</i>
CONAMA	Conselho Nacional de Meio Ambiente
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
FMEA	<i>Failure Mode and Effects Analysis</i>
IQA	Instituto de Qualidade Automotiva
ISO	<i>International Standardization Organization</i>
NBR	Normas Técnicas Brasileira
NPR	Número de Prioridade de Risco
PDCA	<i>Plan, Do, Check and Act</i>
PGRC	Planos de Gerenciamento para os Resíduos de construção
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
QS	Sistema de Qualidade
SEMA	Secretaria especial do meio ambiente

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
1.1 JUSTIFICATIVA	15
1.2 OBJETIVO GERAL	15
1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1 ENGENHARIA DA SUSTENTABILIDADE	17
2.2 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	18
2.3 RESÍDUOS INDUSTRIAIS	22
2.3.1 Minimização dos Resíduos Sólidos Industriais.....	26
2.4 Gerenciamento Dos Resíduos Sólidos Industriais	28
2.4.1 Aspectos Ambientais e Impactos Do Gerenciamento	30
2.4.2 Destinação dos Resíduos da Construção Civil.....	34
2.5 FERRAMENTAS DA QUALIDADE.....	35
2.5.1 Análise de Modos e Efeitos de Falha Potencial (FMEA)	36
2.5.2 Etapas para a Aplicação da FMEA.....	37
2.5.3 FMEA Voltado para o Meio-Ambiente	39
3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	40
3.1 LOCAL DA EMPRESA	40
3.2 TIPO DE PESQUISA.....	41
3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS.....	42
3.4 ANÁLISE DOS DADOS / FERRAMENTA FMEA	43
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
REFERÊNCIAS.....	66

1. INTRODUÇÃO

A industrialização no século XVIII, na Inglaterra, iniciou-se com os processos produtivos industriais inovando muito rapidamente e de forma desalinhada, o que acarretou sérios problemas ambientais. Os empresários objetivam a qualidade e elevadas quantidades de produtos produzidos, visando o lucro independente das consequências que o processo em grande escala poderia gerar.

Após a industrialização o problema da poluição que antes restringia-se a alguns locais, passou a se tornar global. Inúmeras construções de indústrias ocorreram e abertura de empresas ligadas diretamente ou não a elas, e seus desdobramentos afetaram o mundo, de forma que esta mudança causada por seres humanos alterassem a urbanização, o êxodo rural, as maneiras de exploração e principalmente as diferentes formas de utilização dos recursos naturais.

Sobre o ponto de vista global na industrialização manifestou-se desigual pelo mundo, quando os países de industrialização clássica se desenvolveram a partir do século XVIII e durante o século XIX, ocorrendo a passagem do capitalismo comercial para o capitalismo industrial. Já os países de industrialização tardia, como o Brasil, tiveram seu desenvolvimento tecnológico apenas a partir do século XX. Assim a Primeira Revolução Industrial ocorreu na Inglaterra em que a tática usada na operação era de máquina a vapor, quando a fonte de energia se baseava em carvão.

A Segunda Revolução Industrial ocorreu a partir da primeira metade do século XX, quando o petróleo tornou-se a fonte de energia principal, a produção tornou-se mais complexas necessitando de mão de obra mais qualificada, com auxílio da energia elétrica nos maquinários, adotou-se o modelo de produção fordista, em que o trabalho tornou-se repetitivo e as produções em grande escala.

A Revolução técnico científica informacional ou mais comumente chamada de Terceira Revolução Industrial intercorreu a partir da segunda metade do século XX e ainda está ocorrendo, na qual a informatização auxilia a sociedade, desenvolvendo a comunicação, os transportes, biotecnologia e a geração de informação, disseminando a industrialização em países subdesenvolvidos. O modelo atual de produção, que se utiliza deste cenário para obter bons resultados, é o Toyotismo,

método no qual ocorre a produção por meio da demanda de determinado produto, o que proporciona maior flexibilidade e qualidade.

Atualmente o resultado do desenvolvimento econômico no planeta, sem controle e tendo como seu maior obstáculo o consumismo elevado, geram inúmeros problemas voltados ao meio ambiente como sua degradação, suas consequências visíveis e entre outros, de forma que se estabeleceu uma nova busca de previsões de cenários ambientais futuros por meio de pesquisas e estudos, caso nenhuma mudança de visão venha a acontecer.

A Revolução Ambiental provocou significativas transformações com relação as relevâncias da sociedade como um todo e nas organizações políticas e econômicas mundiais, no final do século XIX, percebeu-se que os recursos naturais são finitos e que se usados de forma incorreta poderá acarretar no fim da humanidade.

Com a conscientização mundial sobre a necessidade de trabalhar com mais controle de regras na utilização e exploração do meio ambiente, o conceito de desenvolvimento sustentável surgiu com o objetivo de discutir e analisar os limites do crescimento econômico em relação ao uso crescente de recursos naturais, no início na década de 80.

Após a Segunda Guerra Mundial, emergiu no mundo o conceito de Gestão de Qualidade com o propósito de corrigir os erros dos produtos bélicos. Com seu progresso, passou a chamar-se Garantia da Qualidade, baseando-se em normas específicas para cada etapa do processo produtivo. Sucessivamente Frederick Taylor e Ford desenvolveram a teoria do Controle da Qualidade e suas ferramentas no início do século XX. A utilização das técnicas e ferramentas voltadas para a qualidade pode auxiliar um negócio a ganhar o mercado, ter consumidores fiéis e reduzir gastos com matérias primas mal utilizadas.

Empresas que tomam decisões estratégicas integradas à gestão ambiental e ecológicas conseguem significativas vantagens competitivas, redução de custos e conseqüentemente reflete positivamente nos lucros. Neste contexto, a ferramenta de qualidade, FMEA, tem a potencialidade de auxiliar o gerenciamento eficaz dos resíduos gerados na empresa, visando também, aprimorar o processo produtivo de tal forma que otimize as etapas de produção diminuindo a geração de resíduos.

A empresa escolhida realiza muitos processos relacionados a construção civil e busca melhorias em seus processos, com a preposição de gerenciar os resí-

duos gerados e destiná-los de forma a melhorar sua contribuição com o planeta, visando satisfazer seus clientes.

1.1 JUSTIFICATIVA

O tema gerenciamento de resíduos e a análise da ferramenta FMEA dentro desta empresa foi escolhido por ser ponto crucial quanto a minimização de resíduos decorrentes dos processos por meio da identificação das falhas potenciais, seus modos e seu número de prioridade de risco. Foram elaboradas ações de prevenção, melhoria e destinação dos resíduos com maior severidade, tomando o estudo vinculado com a diminuição dos resíduos destinados erroneamente e contribuir indiretamente com a sociedade auxiliando a empresa a descobrir novas técnicas de melhorias contínuas.

Na atualidade são enumeras áreas de importância do setor da construção. Neste estudo a fabricação do cimento, como a qualidade do produto, eficiência no processo, quantidade de resíduos gerados e entre outros. Com o desenvolvimento industrial, ocorreu uma grande evolução e crescimento das indústrias, estas para se manterem no mercado procuram por melhorar seus produtos e processos para aumentar sua competitividade, maior importância com questões ambientais e preocupando-se com relevâncias econômicas e sociais, para então as indústrias estarem bem constituídas, desenvolvidas e conforme com as exigências legais e ambientais.

1.2 OBJETIVO GERAL

O objetivo geral deste trabalho foi aplicar a ferramenta FMEA (*Failure Mode and Effects Analysis* - Análise de Modo e Efeitos de Falha Potencial) para o gerenciamento de resíduos de uma indústria dosadora de concreto.

1.3 OBJETIVO ESPECÍFICO

Os objetivos específicos do projeto são:

- a) Identificar e descrever as etapas do processo produtivo;
- b) Definir as entradas e saídas do processo produtivo;
- c) Aplicar a ferramenta FMEA;
- d) Propor o gerenciamento dos resíduos identificados no FMEA;

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em relação aos conceitos necessários para um maior entendimento do gerenciamento de resíduos a partir da aplicação da técnica da FMEA, se faz necessário compreender as funcionalidades da engenharia da sustentabilidade, aplicada aos resíduos sólidos e industriais, por meio de ferramentas da qualidade e suas aplicabilidades para distinguir, minimizar e focar nos resíduos de maior importância na construção civil.

2.1 ENGENHARIA DA SUSTENTABILIDADE

Segundo a Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO, 2018) a Engenharia da sustentabilidade é uma das dez áreas que compõem o curso, sendo responsável por implementar sistemas de responsabilidade social e de Gestão ambiental nos diversos sistemas de produção visando o aproveitamento eficiente dos recursos naturais. Cuidando também da destinação e tratamento dos resíduos e efluentes gerados nos processos de produção.

A engenharia da sustentabilidade é composta por sete subáreas conforme a ABEPRO, são elas:

- a) Gestão Ambiental;
- b) Sistemas de Gestão Ambiental e Certificação;
- c) Gestão de Recursos Naturais e Energéticos;
- d) Gestão de Efluentes e Resíduos Industriais;
- e) Produção mais limpa e Ecoeficiência;
- f) Responsabilidade Social;
- g) Desenvolvimento Sustentável;

A subárea estudada neste trabalho refere-se ao item “d”, Gestão de efluentes e Resíduos Industriais. Como o próprio nome já diz, este item visa identificar

possíveis formas de gerenciamento dos resíduos industriais gerados e será aplicado neste estudo a uma empresa de concreto usinado.

Segundo Pereira (2018, p.115), “O conceito Sustentabilidade deve ser indiscutivelmente levado em conta na fase de engenharia”, é nesta fase do projeto que decisões são estruturadas. A ideia de um sistema sustentável é reduzir o consumo dos recursos naturais visando sua preservação para futuras gerações.

2.2 RESÍDUOS SÓLIDOS

Resíduos sólidos são materiais, substâncias, objetos ou bem descartados resultantes das atividades humanas. Com o desenvolvimento da população, melhoria no poder aquisitivo da sociedade e o avanço da industrialização ocorreu um aumento na geração de lixo, denominado pela NBR 10004 de Resíduo Sólido. (BIDONE; POVINELLI, 1999, P.1)

Segundo a Norma da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), NBR 10004:2004, resíduos sólidos são definidos 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. (NBR 10004, 2004, p.1)

Para poder realizar um tratamento e destinação final adequados é necessário primeiramente conhecer as características dos resíduos sólidos. As características dos resíduos permitem classificá-los em relação à sua origem, características físicas, químicas e biológicas. O Quadro 1 pode-se verificar os resíduos quanto a sua fonte geradora, o responsável pelo tratamento e os tratamentos ou disposição final que podem ser aplicados.

Resíduos Sólidos	Fontes Geradoras	Resíduos Produzidos	Responsável	Tratamento e disposição final
Domiciliar	Residências, edifícios, empresas, escolas.	Sobras de alimentos, dejetos humanos, asseio pessoal, fraldas, embalagens de papel, vidro, metal, plástico, isopor, longa vida, pilhas, baterias e outros.	Município	1. Aterro sanitário 2. Central de triagem de recicláveis 3. Central de Compostagem
Comercial (Pequeno gerador)	Comércios, bares, restaurantes e empresas.	Papel, embalagens plásticas, vidros, metais, isopor, dejetos humanos, asseio pessoal, sobras de alimentos e outros.	Município	1. Aterro sanitário 2. Central de triagem de recicláveis 3. Central de Compostagem
Grande gerador (Maior volume)	Comércios, bares, restaurantes e empresas.	Papel, embalagens plásticas, vidros, metais, isopor, dejetos humanos, asseio pessoal, sobras de alimentos e outros.	Gerador	1. Aterro sanitário 2. Central de triagem de recicláveis 3. Central de Compostagem 4. Companhia de Saneamento
Público	Varrição e podas.	Poeira, folhas, papéis e plásticos e outros.	Município	1. Aterro sanitário 2. Central de compostagem.
Serviços de saúde	Hospitais, clínicas, consultórios, laboratórios.	Biológicos: sangue, tecidos, vísceras, resíduos de análises clínicas e outros. Químicos: lâmpadas, medicamentos vencidos e interditados, termômetros, objetos cortantes e outros. Radioativos provenientes de salas de Raio-X, TC, RM. Comuns: papéis, plásticos, vidros, embalagens e outros.	Município e Gerador	1. Incineração 2. Aterro sanitário 3. Vala séptica 4. Micro-ondas 5. Autoclave 6. Central de triagem de recicláveis
Industrial	Industrial	Cinzas, lodos, óleos, resíduos alcalinos ou ácidos, plásticos, papel, madeira, fibras e outros.	Gerador	1. Aterro industrial.
Portos, aeroportos, terminais	Portos, aeroportos, terminais.	Resíduos sépticos, sobras de alimentos, material de higiene e asseio pessoal e outros.	Gerador	1. Incineração 2. Aterro sanitário. 4. Companhia de Saneamento
Agrícola	Agricultura	Embalagens de agrotóxicos, pneus e óleos usados, embalagens de medicamentos veterinários, plásticos e outros.	Gerador	1. Central de embalagens vazias.
Construção civil	Obras e reformas domiciliares e comerciais	Madeira, cimento, blocos, pregos, gesso, tinta, latas, cerâmicas, pedra, areia e outros.	Gerador Município e gerador pequeno e grande	1. Eco-ponto 2. Área de transbordo e triagem (ATT) 3. Área de reciclagem 4. Aterro de RCC.

Quadro 1. Classificação quanto à origem dos resíduos sólidos, responsabilidade e suas destinações finais.

Fonte: Autoria Própria (2018).

Quanto à origem, a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, lei 12.305/2010, Art. 13, classifica os diferentes resíduos segundo Nascimento (2012) como:

- a) Resíduos Domiciliares: conhecido como lixo urbano, sendo os resíduos decorrentes das atividades domésticas, compostos por sobras alimentares, embalagens plásticas, metais, vidro, papéis e papelão;
- b) Resíduos de Limpeza Urbana: originado de serviços públicos de limpeza, sendo varrição das vias públicas, limpeza de praias, feiras livres, entre outros.
- c) Resíduos Sólidos Urbanos: são resultantes das atividades comerciais e domésticas dos centros urbanos, sendo matéria orgânica, papel e papelão, plásticos, vidros, metais, óleos e resíduos de eletrodomésticos;
- d) Resíduos de Estabelecimento Comercial e Prestadores de Serviços: originado de estabelecimentos como supermercados, bancos, escritórios, hotéis, restaurantes, compostos de materiais inorgânicos;
- e) Resíduos dos Serviços Públicos de Saneamento Básico: tem uma grande variedade destes resíduos desde resíduos de mercados públicos e feiras, limpeza de galerias de drenagem pluvial, lodos de fossas sépticas até limpeza de esgotos, bueiros, bocas-de-lobo, entre outros;
- f) Resíduos Industriais: resultante de indústrias, composto por aparas de fabricação e rejeitos de diversificados ramos da indústria;
- g) Resíduos de Serviço de Saúde: originário de ambulatórios, hospitais, laboratórios de exames clínicos e entre outros, é composto por resíduos sépticos sendo agulhas, seringas, gazes, algodões, luvas descartáveis, remédios e entre outros;
- h) Resíduos da Construção Civil: geralmente compostos por materiais de demolição ou restos de madeiras de construção como azulejos, metais, cimentos, madeiras, tijolos, entre outros;
- i) Resíduos Agrícolas: composto de atividades agrícolas e pecuárias, como embalagens de fertilizantes e defensivos agrícolas, onde a sua maioria é altamente tóxicos.

- j) Resíduos de Serviços de Transporte: compostos por uma variedade de resíduos como pastilhas de freios, fluidos de freio, filtro de óleos, peças contendo mercúrio, pastilhas de freio, sucatas metálicas ferrosas e não ferrosas, entre outros;
- k) Resíduo Nuclear: composto de bastões de combustíveis radioativos que sobram das usinas nucleares;
- l) Resíduos de Mineração: composto de resíduos gerados na extração de minérios metálicos e não metálicos;

Os resíduos sólidos também são classificados em relação à periculosidade pela NBR 10004:

- a) Resíduos Classe I – Resíduos perigosos que apresentam periculosidade em função de suas características físicas e químicas ou infecto-contagiosa, capazes de causar risco à saúde pública e riscos ao meio ambiente;
- b) Resíduos Classe II A – Resíduos não inertes, que não apresentam perigos pois tem suas características como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água;
- c) Resíduos Classe II B – Resíduos inertes sendo estes não perigosos pois quando submetidos a um contato dinâmico e estático com água e a temperatura ambiente não contém nenhum de seus constituintes solubilizados;

Com essa diferenciação, é possível potencializar e adequar o gerenciamento para cada tipo de resíduos sólidos (RODRIGUES, 2015), resumindo-se pela classificação que pode ser vista na Figura 1:

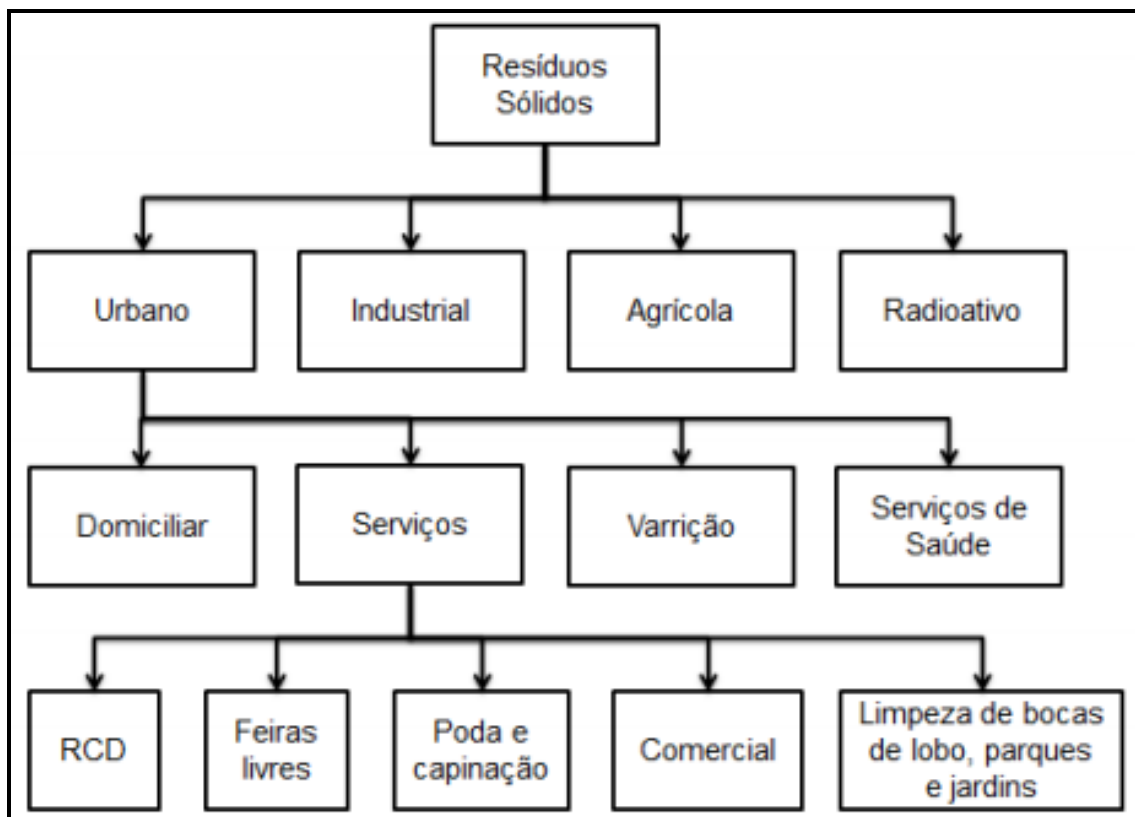


Figura 1. Classificação dos resíduos sólidos quanto à sua origem.

Fonte: SCALCH (1996).

2.3 RESÍDUOS INDUSTRIAIS

Szpak (2013) afirma que até 2002 não existiam leis e resoluções no setor da construção civil no Brasil, voltado aos resíduos gerados. Sendo que o aumento da gestão de obras e as tecnologias recém aplicadas, demandam de novas disposições dos resíduos de construção e demolição. A resolução CONAMA n° 307/02 defini a destinação dos resíduos de construção como uma nova regulamentação aos municípios, seguindo as seguintes definições:

Resíduos da construção civil: são os provenientes de construções, reformas, reparos e demolições de obras de construção civil, e os resultantes da preparação e da escavação de terrenos, tais como: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais, resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico,

vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica etc., comumente chamados de entulhos de obras, caliça ou metralha (BRASIL, 2002).

A resolução CONAMA nº 307/02 também define como geradores as pessoas responsáveis por atividades ou empreendimentos que gerem os resíduos, transportadores são os encarregados da coleta e transporte dos geradores para a destinação, agregado reciclado como um material granular gerado a partir de resíduos com características técnicas que permitem a sua aplicação em obras de edificação, infraestrutura e entre outros.

Outra definição desta resolução é quanto ao sistema do gerenciamento que visa reduzir, reutilizar ou reciclar resíduos. Para isso é necessário planejamento, procedimentos, recursos, transporte, tratamento e destinação final ambientalmente adequada de acordo com o plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos (PMGIRS) ou com o plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma da Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.

O Art. 3º do CONAMA nº 307/2002 classifica os resíduos da construção civil em quatro grupos que podem ser vistos na Figura 2:

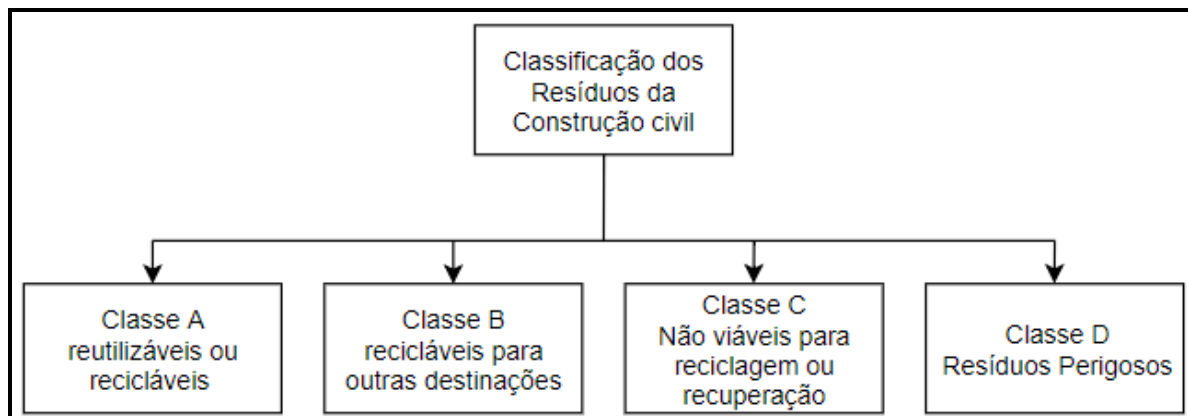


Figura 2. Classificação dos resíduos da construção civil.

Fonte: Autoria Própria (2018).

Na classe A alguns exemplos são de construção, demolição, reformas, reparos de pavimentação voltadas a infraestrutura, componentes cerâmicos, tijolos, blocos, telhas, voltados a edificações e resíduos reutilizáveis ou recicláveis como agregados do processo de fabricação ou demolição de peças pré-moldadas em concreto como blocos, tubos, meio-fio, produzidos nos canteiros de obras.

Por outro lado, alguns exemplos da classe B são os resíduos recicláveis como plástico, papel, papelão, metais, vidros, madeiras, embalagens vazias de tintas e gesso Resolução nº 469/2015). Na classe C estão os resíduos no qual não existe a tecnologia para serem reciclados ou recuperados Resolução nº 431/2011. E por último a classe D, é mais abrangente e estão os resíduos de tintas, solventes, óleos, telhas, objetos que contenham amianto e todos os produtos nocivos à saúde (Resolução nº 348/2004).

De acordo com o CONAMA nº 307/2002 esses resíduos classificados acima não podem ter sua disposição final em aterros de resíduos sólidos urbanos em áreas de encostas, corpos d'água, lotes vagos, áreas protegidas, estes devem, portanto, ser triados e destinados das seguintes formas:

- a) Classe A devem ser reutilizados ou reciclados na forma de agregado ou destinados a aterro de resíduos classe A servem como de reserva para usos futuros;
- b) Classe B devem ser reutilizados, reciclados ou destinado a áreas de armazenamento temporário, para facilitar a sua utilização futura;
- c) Classe C devem ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas;
- d) Classe D devem ser armazenados, transportados e destinados em conformidade com as normas técnicas específicas;

O aspecto mais importante ao lidar com resíduos é saber destiná-lo corretamente. Financeiramente, as inconformidades na hora de identificar e classificar o resíduo pecam no resultado final, desvalorizando o resíduo, quando se era possível restaurar seu valor econômico até deixar de ser considerado um resíduo. (HAMADA, 2003).

Existem várias formas de disposição final dos resíduos, segundo Bidone e Povinelli (1999) uma delas seria o lançamento a céu aberto, o que acaba facilitando

a proliferação de moscas, mosquitos, baratas e ratos, poluição das águas superficiais e subterrâneas e entre outros impactos ambientais e sociais, que de forma clara torna inapropriado esta forma de disposição destes resíduos. Outra forma de disposição final é o aterro controlado, onde é utilizado o recobrimento dos resíduos com argila não compactada, esta prática é mais realizada por municípios pequenos (BIDONE; POVINELLI, 1999).

Nas normas operacionais específicas e nos critérios de engenharia, segundo Bidone e Povinelli (1999), o aterro sanitário proporciona o confinamento seguro dos resíduos, utiliza-se de um projeto abrangendo os seguintes passos:

Esses critérios de engenharia mencionados materializam-se no projeto de sistemas de drenagem periférica e superficial para afastamento de águas de chuva, de drenagem de fundo para a coleta do lixiviado, de sistema de tratamento para o lixiviado drenado, de drenagem e queima dos gases gerados durante o processo de bioestabilização da matéria orgânica. (BIDONE; POVINELLI, 1999, p.18).

Desta forma segundo a *American Society of Civil Engineering (ASCE)* “... um aterro sanitário é um método de disposição que não provoca prejuízos ou ameaças a saúde e à segurança, de modo a confinar o lixo no menor volume possível”.

Uma das vantagens de um aterro sanitário segundo Bidone e Povinelli (1999) é que este é aplicado para qualquer volume, tem simplicidade na sua execução, não requer de equipamentos especiais, além de ajudar no controle de vetores.

Algumas outras vantagens, segundo Nascimento (2012) *et al* Russo (2003) são:

Grande flexibilidade para receber uma gama muito grande de resíduos; Fácil operacionalidade; Relativo baixo custo, comparativamente a outras soluções como a incineração; Disponibilidade de conhecimento; Não conflitante com formas avançadas de valorização dos resíduos; Devolução a utilização do espaço imobilizado durante a fase de exploração;

Já uma desvantagem é que a legislação ambiental demanda a construção de aterros sanitários em locais mais afastados do perímetro urbano, o que acarreta em um maior custo de transporte, necessidade de tratamento chorume e dos resíduos orgânicos (BIDONE; POVINELLI, 1999, p.22).

2.3.1 Minimização dos Resíduos Sólidos Industriais

Segundo Kiperstok *et al.* (2002) minimizar resíduos significa aumentar a eficiência ecológica da empresa utilizando toda a matéria-prima, diminuir o custo do retrabalho, reduzir o impacto ambiental da produção e favorecer-se das vantagens comerciais.

O objetivo de qualquer processo é minimizar ao máximo a geração de resíduos sólidos, considerados custos para a empresa, porém sempre algum resíduo será gerado nos processos produtivos de uma indústria. Existem ações que auxiliam na redução da geração de resíduos, como treinamento dos funcionários de produção, troca de matéria prima, melhorias nas tecnologias aplicadas na produção. O resultado final esperado pela empresa e produzir com qualidade, no menor custo e no tempo esperado, tornando o gerenciamento de resíduos uma consequência da produção (REIS, 2012).

Para aplicação de um programa de minimização de resíduos são necessárias a análise de dois aspectos principais segundo Bidone e Povinelli (1999, p.99): a redução de resíduos na fonte geradora e a reciclagem de resíduos. No processo industrial da fabricação do concreto usinado, estuda-se a substituição e purificação das matérias primas utilizadas, sendo areia, brita, água, carbonato de cálcio, sílica, alumínio e minério de ferro em alguns tipos de concretos, moderniza-se os equipamentos e processos de forma a otimizar e minimizar os resíduos.

A influência na minimização da reciclagem dos resíduos, depende da “...proximidade das instalações de processamento, custos de transporte dos resíduos, volume de resíduos disponíveis para o processamento e custos” (BIDONE E POVINELLI, 1999).

Uma das técnicas de minimização segundo Qassim e Vasconcellos (1995) é o reaproveitamento do material já processado e seu reaproveitamento na

fabricação de outro produto, com o intuito de reduzir o volume ou a toxicidade dos rejeitos e a estocagem ou chamada de descarte sendo a última etapa do programa de minimização, que se resume na disposição dos rejeitos inevitavelmente produzidos.

As aplicações práticas das técnicas citadas seguem por ordem, segundo Qassim e Vasconcellos (1995), quanto a forma de classificar de qual maneira a minimização se enquadra no objetivo final necessário e os subsequentes métodos de modificação para o melhor aproveitamento da técnica, como visto nas Figuras 3 e 4:

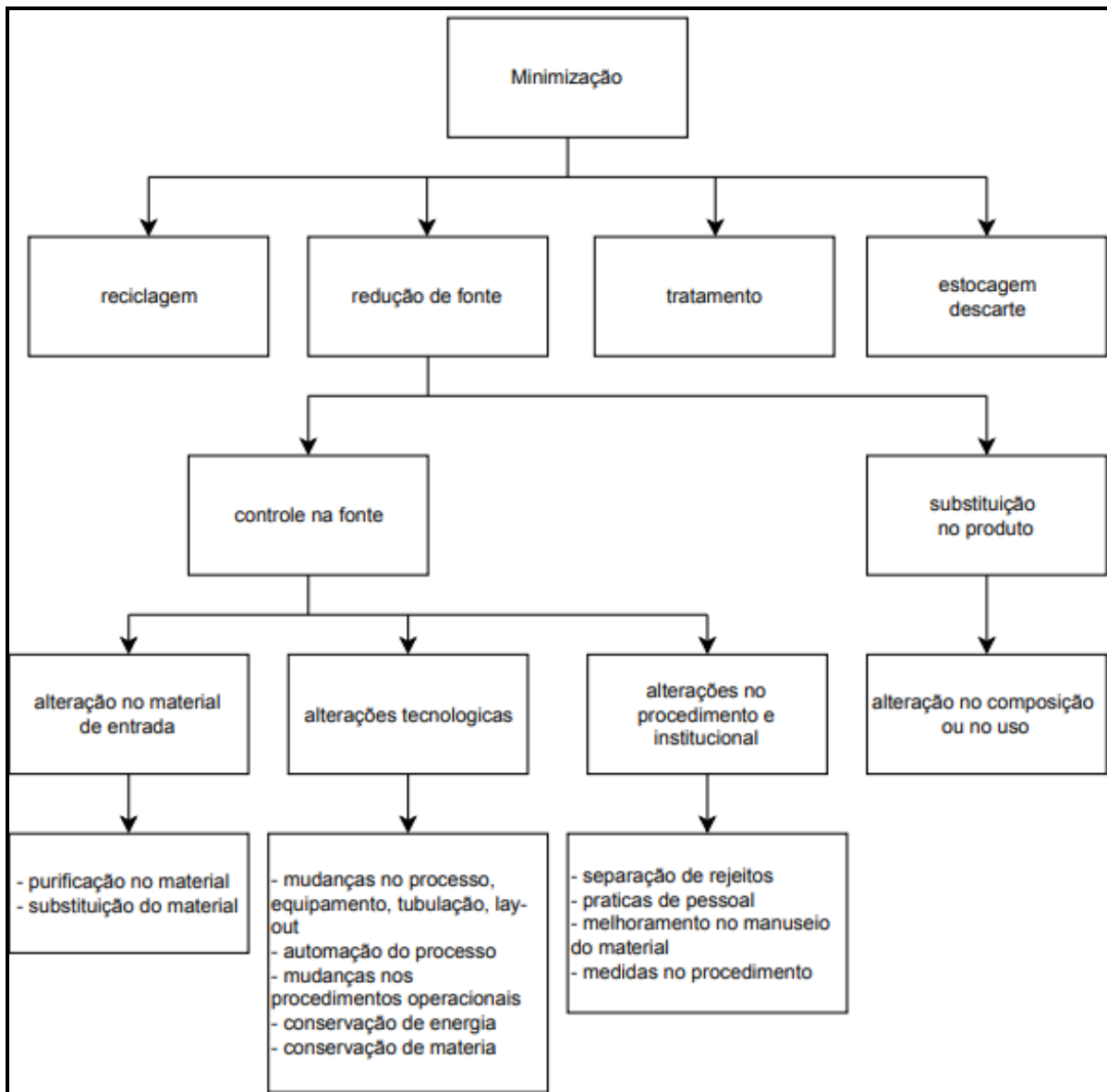


Figura 3. Classificação e Técnica para Minimização de Resíduos.

Fonte: Adaptado de Qassim e Vasconcellos, 1995.

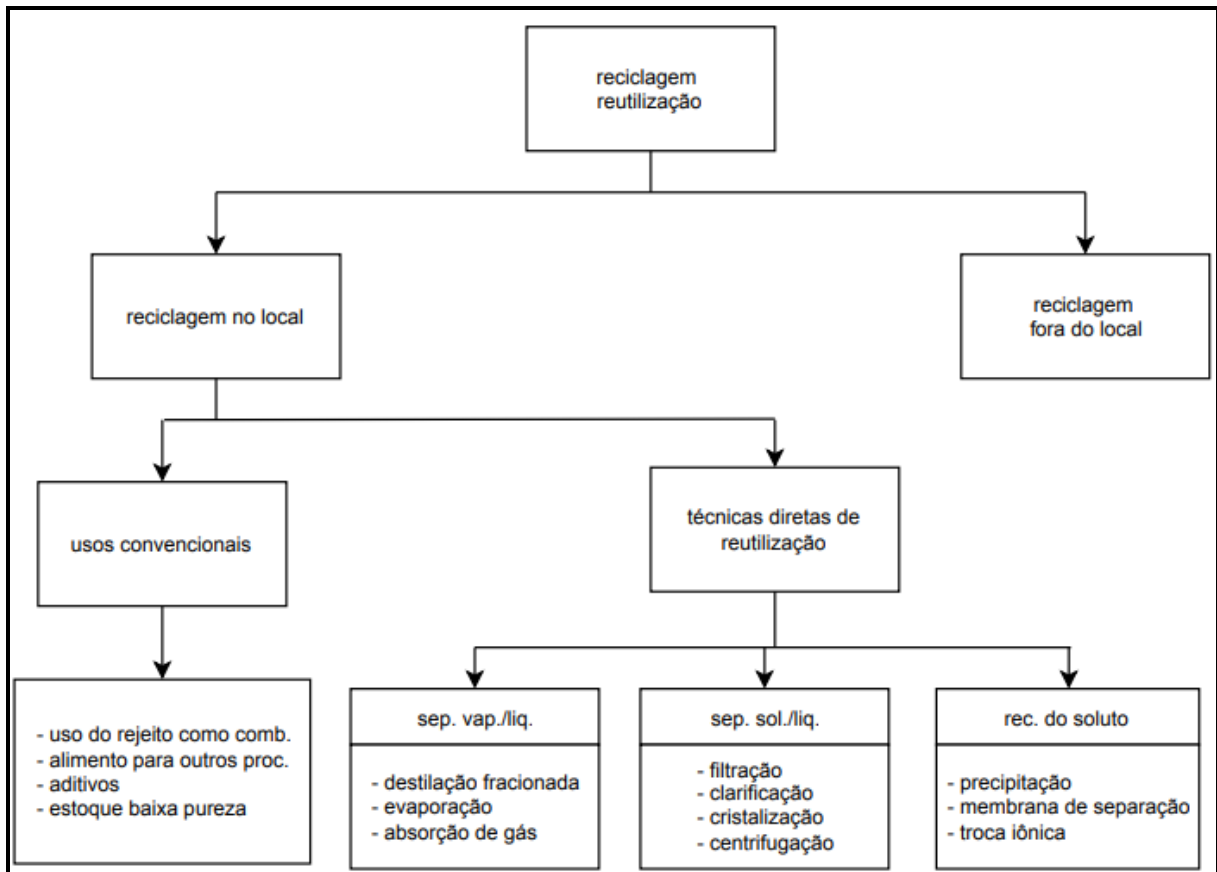


Figura 4. Alternativas de Reciclagem.

Fonte: Adaptado de Qassim e Vasconcellos, 1995.

A partir das alternativas de minimização dos resíduos trilha-se diferentes métodos ou um conjunto deles. Como por exemplo, Qassim e Vasconcellos (1995) podendo reduzir na fonte a produção de resíduos, na reciclagem, no tratamento, estocagem e descarte. Focando na reciclagem define-se que esta é feita no local e fora do local, dependente de quem o gera e quais são os resíduos. Sendo os resíduos encontrados de usos convencionais do processo estudado podendo ser de uso de rejeito, aditivos, estoques de produtos.

2.4 Gerenciamento Dos Resíduos Sólidos Industriais

O Decreto-Lei nº 1.413 de 14 de agosto de 1975 – Dispõe sobre o Controle da Poluição do Meio Ambiente provocada por atividades industriais, e no seu art. 1 estabelece que “as indústrias instaladas ou a se instalarem em território nacional

são obrigadas a promover as medidas necessárias a prevenir ou corrigir os inconvenientes e prejuízos da poluição e da contaminação do meio ambiente”.

Definido assim o Decreto nº 85206 de 25 de setembro de 1980 – que se dispõe as medidas de prevenção e controle da poluição industrial referidas acima, quando no art.1 considera-se:

Poluição industrial qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio-ambiente, causadas por qualquer forma de energia ou de substância, sólida, líquida ou gasosa, ou combinação de elementos despejados pelas indústrias, em níveis capazes, direta ou indiretamente, de:

- I - prejudicar a saúde, a segurança e o bem-estar da população;
- II - criar condições adversas às atividades sociais e econômicas;
- III - ocasionar danos relevantes à flora, à fauna e a outros recursos naturais.

No art. 3 do Decreto nº 76.389 de 3 de outubro de 1975 define-se que “A Secretaria Especial do Meio-Ambiente (SEMA), proporá critérios, normas e padrões, para o território nacional, de preferência em base regional, visando a evitar e a corrigir os efeitos danosos da poluição industrial.” Em relação ao art. 5 ou art.7 está regulamentação dispõe das variadas punições aos infratores além de penalidades definidas pela legislação estadual e municipal, como à restrição de incentivos e benefícios fiscais concedidos pelo poder público, à restrição de linhas de financiamento em estabelecimentos de crédito oficiais ou até suspensão das suas atividades.

Existem os Estudos de Impacto Ambiental – EIA, são fixados por quatro bases de instrumentos jurídicos, sendo alguns deles a Lei 6.938/81 chamadas de Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) onde está realiza um levantamento de Impactos Ambientais. Outra norma bastante utilizada é a Resolução nº 001 de 23 de janeiro de 1986 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), que em seu texto estabelece critérios básicos e as diretrizes gerais para uso e implementação da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) como um dos instrumentos da PNMA, que regulamenta a elaboração do EIA e define também que este deve seguir a legislação vigente (BRASIL, 2002).

Desta forma, existem inúmeros Decretos, Leis e Normas que auxiliam no gerenciamento dos resíduos sólidos, inclusive os industriais gerados pela construção civil. Diante disso, Segundo Jordão (1995), existe dois sistemas clássicos de controle desses despejos industriais, sendo o controle do processo produtivo e o tratamento na saída da indústria, estes visam a redução e a melhora eficiência no manu-

seio e no tratamento dos resíduos sendo eles gerados, acumulados, tratados e sua disposição final (BRASIL, 2002).

Segundo Jordão (1995) é possível relacionar a minimização do volume da concentração de rejeitos e seu controle por segregação dos despejos líquidos, conservação da água, modificação no processo produtivo, reuso da água e aproveitamento de subprodutos.

2.4.1 Aspectos Ambientais e Impactos Do Gerenciamento

Zurita (2004), informa que SGA faz parte do sistema de gestão global de uma organização, já em relação as normas estas são documentos elaborados por uma entidade credenciada, onde apresenta-se opiniões técnicas de vários especialistas sobre determinado assunto, essas normas da série Internacional *Standardization Organization* (ISO), foi fundada em 1947 com o objetivo de ser um fórum internacional de normalizações.

Em 1993 segundo Zurita (2004), foi constituído o Comitê Técnico TC-207, que foca na organização e no produto com relação a normas ambientais, que atendem:

- a) Sistema de Gestão Ambiental;
- b) Avaliação de Desempenho Ambiental;
- c) Auditoria Ambiental;
- d) Avaliação do Ciclo de Vida;
- e) Rotulagem Ambiental;
- f) Aspectos Ambientais em Normas de Produto;

Essas normas foram disponibilizadas no Brasil a partir de 1996 (ABNT, 1996) e receberam a denominação de NBR ISO 14001 e 14004, que segundo o mesmo tem objetivo de demonstrar a empresas um sistema de gestão eficaz, possível de integração com outros requisitos de gestão, para auxiliar em objetivos ambientais e econômicos visados pela empresa.

Segundo Zurita (2004), as normas ISO 14001 e ISO 14004 são subseqüentes da NBR ISO 9000, que visam orientar a pratica da qualidade com base nos

princípios comuns de sistemas de gestão. Já o SGA utiliza de ferramentas conhecida como Ciclo de Deming ou PDCA e algumas técnicas de administração para melhorar se adequar ao objetivo da empresa.

De forma geral Santos, Peixoto e Xavier (2008) afirma que existe enumeradas normas da série ISO 9000, 14000 e 16000, sendo respectivamente com foco na qualidade do processo ou do produto, seguindo pela preocupação na questão ambiental e a mais recente norma focando na responsabilidade social.

Sendo assim, a NBR ISO 14001 é utilizada como base pelas entidades certificadoras no processo de avaliação das organizações e auto declaração de seu sistema de gestão ambiental. Já NBR ISO 14004 fornece, segundo Zurita (2004), “subsídios na implementação ou no aprimoramento do sistema de gestão ambiental, procurando ser um instrumento facilitador para a organização execute um SGA”. Desta forma as duas normas se complementam.

Além das NBRs, Nascimento (2012) informa que existem algumas resoluções básicas do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) sobre os resíduos sólidos que pode-se destacar para serem seguidas e auxiliar nos parâmetros e critérios quanto aos tipos de resíduos:

- a) Resolução 404/2008 – Estabelece critérios e diretrizes para o licenciamento ambiental de aterro sanitário de pequeno porte de resíduos sólidos urbanos;
- b) Resolução 358/2005 – Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde;
- c) Resolução 313/2002 – Dispõe sobre o inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais;
- d) Resolução 307/2002 – Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil;
- e) Resolução 005/1993 – Dispõe sobre o gerenciamento de resíduos sólidos gerados nos portos, aeroportos, terminais ferroviários e rodoviários;

Inicialmente a norma da ISO 14001 (*International Standardization Organization*) define aspecto ambiental como “elemento das atividades, produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente” e impacto como

"qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, produtos ou serviços de uma organização" (ABNT, 1996).

A partir desta norma as empresas devem realizar um levantamento dos impactos ambientais, avalia-los segundo a significância, estabelecer objetivos e metas em função desta e por último elaborar planos de ação para evitar ou extinguir tais impactos (COIMBRA, 2003). Dentro da ferramenta FMEA pode-se trilhar vários caminhos para adequar e avaliar os impactos ambientais na construção civil e em diferentes segmentos.

Alguns aspectos ambientais comuns que causam impactos segundo Coimbra (2003) são as emissões para atmosfera, água ou solo, consumo de matérias primas, consumo de materiais processados, falta da reciclagem ou pouca reutilização de materiais, alto consumo de recursos naturais, geração de resíduos, emissão de calor, ruídos, visuais e entre outros.

Segundo Coimbra (p. 2, 2003), impactos ambientais é definido como:

As diversas atividades desenvolvidas pelo homem que provocam alterações no meio ambiente que afetam as características dos meios físico, biótico e antrópico, sendo essas modificações que ocorrem no meio ambiente e as que ocorrem naturalmente denominadas de impactos ambientais. (COIMBRA, 2003).

Os mesmos impactos ambientais resultam em pontos positivo ou negativo, dependendo de sua magnitude, aceitabilidade, frequência, normas ou leis que interferem diretamente, de forma que o responsável ou equipe responsável preze pela sua percepção, formação e avaliação que podem ou não influenciar os resultados esperados de uma empresa (COIMBRA, 2002).

Existem alguns impactos ambientais mais comuns, conforme Coimbra (2003) como esgotamento de recursos não renováveis, alterações ambientais, sociais, culturais, políticas e economias, poluição sonora, visual e entre outros.

Segundo a norma ABNT 14.001, cada organização estabelece e mantém procedimentos para identificar os aspectos ambientais suas atividades, produtos ou serviços que podem ser controladas por elas e de alguma forma podem influenciar, a ter impactos significativos no meio ambiente.

Conforme Coimbra (2003) para se identificar os aspectos e impactos ambientais, juntamente com a realização de uma avaliação da sua significância, a em-

presa deve estabelecê-los por meio de um método que focaliza melhor adequadamente e eficiente para o alcance dos objetivos. Um dos métodos mais utilizados é o do planejamento de um SGA (Sistema de Gestão Ambiental), que define em passos como deve ser feito esse levantamento de dados e sua classificação a partir da seguinte etapas (ABNT, 1996):

- a) Identificação de aspectos ambientais;
- b) Requisitos legais e outros (atender a legislação e normas vigentes);
- c) Objetivos e metas ambientais (para cada impacto mais significativo é importante estabelecer objetivos ambientais, segundo Coimbra (2003), de forma a cumprir prazos e desempenho ambiental);
- d) Programa de gestão ambiental (onde é facultado responsabilidades, prazos e meios para a manutenção do programa);

Conforme as normas da ABNT (1996), os próximos passos a serem seguidos são a implementação e operação, estruturando-se, indicando-se as responsabilidades, juntamente com treinamento, conscientização, comunicação e o ponto mais importante de um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) que é a documentação, por meio de controle de documentos, controle operacional e preparação e atendimentos no caso de emergências, sendo elas:

- a) Estruturar e designar as responsabilidades;
- b) Treinamento, conscientização e competências dos funcionários;
- c) Comunicação interna e externa;
- d) Documentação do SGA em papel ou meio eletrônico documentadas;
- e) Controle de documentos (estabelece os procedimentos exigidos pelas normas, com fácil localização, análise e revisão);
- f) Controle operacional (identifica-se as atividades e seus impactos conforme sua política, objetivos e metas);
- g) Preparação e atendimento às emergências (para procedimentos que tem potencial em acidentes e emergência, mitigando se possível);

Para realização da verificação de um SGA, compõem-se em monitoramento e medições periódicas das operações e atividade que possam provocar impactos, sendo documentado e registrado, como não conformidades e ações corretivas e preventivas, definindo-se responsáveis que adotam maneiras que eliminar qualquer impacto relacionado, registra-se todos os procedimentos para fácil manutenção e avaliação. É possível a realização de auditorias onde verifica-se o cumprimento do que foi planejado e dos requisitos da norma (ABNT, 1996).

Desta forma segundo Coimbra (2003), o sucesso de metodologias para levantamento e melhoramento dos aspectos e impactos ambientais, como o SGA, depende diretamente a atenção dada a cada etapa e a correta avaliação da significância destes.

2.4.2 Destinação dos Resíduos da Construção Civil

Conforme Pasa (2012) os resíduos de construção e demolição (RCD) são aqueles gerados durante a realização de novas construções, reformas e / ou demolições. No Brasil, o desperdício de RCD é bem significativo, podendo chegar a 30% (CARNAÚBA, 2009). Segundo a Resolução nº 307 do CONAMA deve ser elaborado um Plano de Gerenciamento para os Resíduos de Construção (PGRC), neles há a necessidade de caracterização dos resíduos e da indicação de forma segregação, acondicionamento e destinação final (BRASIL, 2002).

Conforme Biluca (2017), a melhor segregação dos resíduos inicia-se na fonte geradora, utilizando de uma gestão preventiva, para que estes sejam reaproveitados na própria obra, reciclados ou reutilizados, facilitando então que os resíduos gerados não sejam misturados e dificultem a sua separação posterior. Segundo Miranda, Ângulo e Careli (2009) outra opção de tratar estes resíduos são realizar de forma correta a coleta, o transporte e destinação.

Para definir quais são as destinações dos resíduos da construção civil, deve antes caracteriza-lo, ou seja, segundo Jordão (1995) deve-se delinear quando o tipo, a composição, seu volume e suas concentrações que variam de industrial para indústria. Existem algumas metodologias que ajudam na caracterização das fontes poluidoras, seguindo os passos.

O primeiro passo é estipular uma estratégia de investigação, seguindo pelo conhecimento de todas as atividades da indústria, processos, matérias primas, produtos usados e a necessidade de água para cada etapa, prosseguindo pelo levantamento destes e produtos fabricados, suas quantidades relacionando-os com a poluição que é gerada por eles, direcionando-se para a localidade de saída destes efluente.

2.5 FERRAMENTAS DA QUALIDADE

Atualmente as indústrias necessitam de vários mecanismos para alcançar o sucesso, focando nos custos, na redução de desperdícios, na qualidade de serviços ou produtos entre outros, necessitando assim ferramentas para auxílio da obtenção destes requisitos. Segundo Yoshinaga (1988, p,77), “As ferramentas sempre devem ser encaradas como um meio para atingir as metas ou objetivos”. Segundo Marques (2012) as ferramentas de qualidade existentes, são inúmeras, sendo algumas delas:

- a) Cartas de Controle;
- b) Ciclo PDCA;
- c) Diagrama de Causa e Efeito - FMEA;
- d) Diagrama de Dispersão;
- e) Diagrama de Pareto;
- f) Fluxogramas;
- g) Folha de Verificação;
- h) Histograma;
- i) Gráficos de Controle;

A partir das ferramentas que visam o aumento da qualidade, para este estudo existe a necessidade do levantamento de dados e suas aplicações, pela ferramenta FMEA objetivando o gerenciamento de resíduos, como forma diferenciada de sua aplicação, comumente utilizada somente na qualidade de produtos e serviços.

2.5.1 Análise de Modos e Efeitos de Falha Potencial (FMEA)

Segundo Lobo (2010) dentro das ferramentas úteis para a análise da qualidade, a metodologia de análise do tipo de efeito de falha como FMEA, busca evitar que ocorram falhas no projeto do produto ou processo. Ou seja, aplicada a construção civil, auxilia na identificação de falhas antes que produzam impactos ambientais, realiza o levantamento da significância desses impactos para uma variedade grande de objetivos finais

Historicamente a ferramenta FMEA foi desenvolvida no meio militar americano na década de 1940, aplicada para avaliação técnica de segurança nos sistemas e nos equipamentos, sendo essas falhas classificadas de acordo com os impactos no sucesso da missão, na segurança das pessoas e equipamentos levados. O procedimento militar foi denominado MIL-P-1629 como “Procedimentos de Segurança, Análise de Modos de Falha, Efeitos e sua Criticidade” (CEV, 2000).

Logo após os anos 1960, essa ferramenta foi aplicada a indústria aeroespacial, durante o programa APOLLO, que levou o homem à Lua realizado pela NASA, após esses anos foi introduzido nas indústrias automobilísticas, sendo atualmente uma exigência obrigatória para os fornecedores que abastecem as indústrias automobilísticas (COIMBRA, 2003).

FMEA é uma ferramenta que identifica os modos de falhas potenciais e a que ponto se tornam críticos esses efeitos nas funcionalidades de um projeto de um processo de acordo com o Instituto de Qualidade Automotiva (IQA, 1997). Auxilia na detecção de problemas antecipadamente, podendo então evitar retrabalhos e custos altos, tem seus objetivos como um método preventivo, para garantir que durante um projeto ou um processo sejam vistas as falhas potenciais e suas causas associadas.

A ferramenta de análise de modos e efeitos de falha potencial podem estar voltadas ao produto, processo ou de procedimentos administrativos. Lobo (2010), informa que FMEA de processos são falhas no planejamento e execução do processo, já FMEA de produto considera as falhas que podem acontecer com o produto dentro das especificações do projeto, FMEA de projetos são:

- a) Auxiliar na avaliação objetiva dos requisitos do projeto e das soluções alternativas;
- b) Considerar os requisitos de manufatura e montagem no projeto inicial;
- c) Aumentar a confiabilidade de modificação de produto;
- d) Reduzir a necessidade de modificação de projeto;
- e) Melhorar o planejamento da qualidade;
- f) Permitir melhoramento contínuo no produto e projeto do processo.

Conforme Coimbra (2003), os objetivos do FMEA de processo são os mesmos do FMEA de projeto, porém o seu foco é o processo de fabricação sendo possível abranger vários processos, os benefícios do FMEA de processo são:

- a) Identificar os modos de falhas potenciais do processo relacionados ao produto;
- b) Avaliar os efeitos potenciais da falha em relação ao cliente;
- c) Identificar as causas potenciais de falhas do processo de manufatura ou montagem e as variáveis que deverão ser controladas para redução da ocorrência ou melhoria da eficácia na detecção das falhas;
- d) Classificar modos de falhas potenciais, criando um sistema de priorização para ações corretivas;
- e) Documentar os resultados do processo de manufatura ou montagem.

Segundo Lobo (2010) a aplicabilidade pode ser na diminuição da probabilidade da ocorrência de falhas em projetos de novos produtos ou processos, além de diminuir a probabilidade de falhas potenciais, ou seja, aquelas que ainda não ocorreram em projetos ou processos que já estão em operação, aumenta a confiabilidade e reduz os erros assim aumentando a qualidade nos procedimentos administrativos.

2.5.2 Etapas para a Aplicação da FMEA

Segundo Lobo (2010) a primeira etapa é o planejamento, em que o responsável pela aplicação desta metodologia analisa e compreende os objetivos e

identifica quais produtos ou processos serão analisados. Este também define quais serão os grupos de trabalho, sendo estes grupos pequenos e multidisciplinar, para que variadas áreas como desenvolvimento, produção e qualidade interajam, é necessário por fim o planejamento de reuniões com suas devidas documentações registradas.

A segunda etapa do FMEA, como indica Lobo (2010), é a análise de falhas em potencial, onde realiza-se o preenchimento das funções e características do produto ou processo, os tipos de falha potencial referente a cada função, quais os efeitos do tipo de falha, indica-se as causas possíveis da falha e por último quais são os controles já realizados.

A terceira etapa inicia-se em realizar uma avaliação dos riscos, definido por Lobo (2010) como:

Nessa fase são definidos pelo grupo os índices de severidade (S), ocorrência (O) e detecção (D) para cada causa de falha, de acordo com critérios previamente definidos. Depois são calculados os coeficientes de prioridade de risco (R) por meio da multiplicação dos últimos três índices. (LOBO, 2010).

A próxima fase para a realização da FMEA é a de melhoria, na qual se utiliza de conhecimentos, criatividade e outras possíveis técnicas para diminuir os riscos. Analisa-se também a viabilidade da implantação segundo (LOBO, 2010).

O FMEA dispõe de um documento, que uma vez analisado deve ser revisado sempre que ocorrer mudanças ou quando necessário para o afrontamento das falhas potenciais descritas no documento com as de ocorrência usual no processo, segundo Lobo (2010) esta é a quarta fase.

Por fim a última fase, informa Lobo (2010) que:

A metodologia FMEA é importante porque pode proporcionar para a empresa uma forma sistemática de catalogar informações sobre as falhas dos produtos/processos, melhor conhecimento dos problemas nos produtos/processos, ações de melhoria com base em dados e devidamente monitorados (melhoria contínua), diminuição de custos por meio da prevenção de falhas e a preocupação com a satisfação dos clientes (LOBO, p. 4, 2010).

Desta forma as aplicações da ferramenta FMEA se aplica em várias áreas que necessitam de um estudo específico em diminuição de falhas e análise de suas causas, além de indicar qual o coeficiente de prioridade de risco, que informa qual a falha que deve ser priorizada, a partir do maior coeficiente irá ser aplicado o gerenciamento de resíduos para melhor conhecê-lo e destiná-lo (LOBO, 2010).

2.5.3 FMEA Voltado para o Meio-Ambiente

Segundo a Lei 6.938, de 31 de agosto de 1981 a Política Nacional do Meio Ambiente tem por objetivo a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida. No Art. 3 desta lei, define-se como “meio ambiente, o conjunto de condições, leis, influências e interações de ordem física, química e biológica, que permite, abriga e rege a vida em todas as suas formas” (SÃO PAULO, 2000), ou seja, o meio ambiente é composto pelo homem e outros elementos físicos e bióticos (COIMBRA, 2003).

Impacto ambiental, segundo a Resolução nº 001 do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA), é definido como:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas; a biota; as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e a qualidade dos recursos ambientais. (CONAMA, 1986).

O homem provoca diversas alterações no meio ambiente, podendo modificar e impactar de diferentes formas como meio físico, biótico e antrópico, estes chamados de impactos ambientais, segundo a Resolução do CONAMA (1986).

3. PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

A empresa objeto deste estudo optou apenas pelo processo produtivo, estoque e armazenamento de matéria prima, descartando a princípio o estudo da empresa como um todo.

3.1 LOCAL DA EMPRESA

O estudo foi realizado em uma central dosadora de concreto situado no sudoeste de Minas Gerais.

A empresa tem área ocupada de 7000 m² (Figura 5), 32 funcionários, se enquadrando como empresa de pequeno porte de acordo com os critérios do SEBRAE (2013). A empresa produz quatro tipos de concreto: o concreto armado, bombeável, convencional e o concreto para piso industrial. A produção mensal somando todos os tipos de concreto gira em torno de 1500 m³ a 1800m³.



Figura 5. Território da empresa
Fonte: Google Maps (2018).

A empresa não tem um funcionário específico para o setor do meio ambiente, quando necessário a Central dosadora de concreto terceiriza o trabalho para uma empresa capacitada.

3.2 TIPO DE PESQUISA

O presente trabalho foi desenvolvido utilizando a pesquisa aplicada. Segundo Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa aplicada “...objetiva gerar conhecimentos para aplicação prática dirigidos à solução de problemas específicos.”

A abordagem desta pesquisa é qualitativa, pois utiliza de uma ferramenta da qualidade, FMEA, para levantamento e classificação e realizando o gerenciamento dos resíduos mais importantes e influenciadores no processo.

Quanto aos objetivos deste estudo é classificado como descritivo, pois pretende-se descrever o processo de produção do concreto armado, identificar todos os pontos de geração de resíduo e de possibilidade de redução da utilização de matérias primas no processo de fabricação. Segundo Prodanov e Freitas (2013), a pesquisa descritiva, descreve “...as características de determinada população ou fenômeno ou o estabelecimento de relações entre variáveis. ”

Os procedimentos metodológicos desta pesquisa são caracterizados como uma pesquisa documental. De acordo com Prodanov e Freitas (2013) e Gil (2008), as pesquisas documentais diferenciam-se das pesquisas bibliográficas pela natureza das fontes de pesquisa, onde a pesquisa documental baseia-se em materiais que não receberam um tratamento analítico podendo-se organizar informações que se encontravam dispersas e a pesquisa bibliográfica utiliza-se de inúmeros autores focado em um assunto específico.

Essa pesquisa também pode ser classificada como um levantamento de campo, tendo em vista que em diversos momentos foram necessárias conversar com funcionários, colaboradores, fornecedores e gerentes para aquisição de dados relevantes para atingir o objetivo desta pesquisa. De acordo com Gil (2008), as pesquisas deste tipo utilizam de análise quantitativa da solicitação de informações e forma de interrogatório, acerca de um problema estudado, para assim obter as conclusões.

3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA DE DADOS

Foi realizado visitas a empresa em estudo, onde através de entrevista com o engenheiro responsável, transmitiu-se as preocupações, necessidades e a forma de realização dos processos produtivos relacionados a concretagem.

Além da entrevista geral, realizou-se uma visita técnica a planta da empresa de forma a melhor visualizar a disposição das matérias primas, sendo ela representada na Figura 6, onde a matéria prima é descarregada na sua baía respectiva:

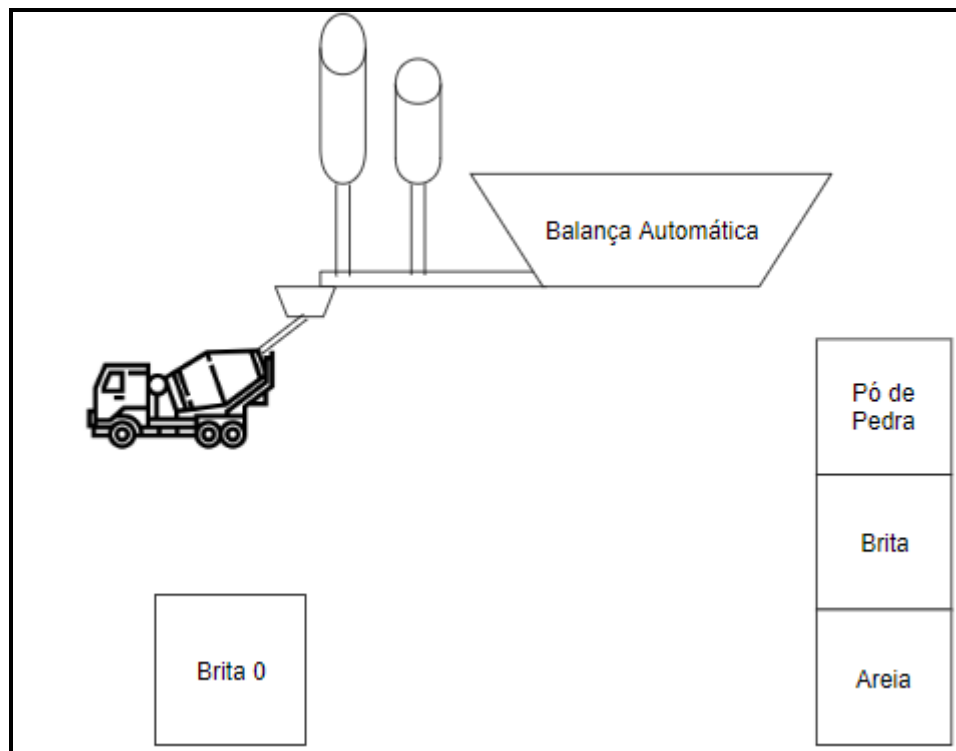


Figura 6. Fluxo das matérias primas.

Fonte: Própria (2018).

Após o abastecimento inicial o caminhão reabastece a balança automática assim que o computador fornecer a necessidade de abastecimento, dentro da balança existem divisões onde cada material é depositado em seu respectivo seguimento, podendo dimensiona-lo de forma a realizar a correta mistura da massa de cimento.

Ainda dentro das visitas realizadas, foram realizados questionamentos como as seguintes:

- a) Quais são os produtos produzidos na empresa?
- b) Qual o produto mais vendido?
- c) Qual resíduo é gerado em cada produto?
- d) Qual dos produtos gera mais resíduos no processo de produção?
- e) Além da geração de resíduos no processo de produção, existe geração de resíduos em outro processo? Se sim, quais?
- f) Qual destinação a empresa dá para os resíduos gerados?
- g) A empresa fornece treinamentos para os funcionários? Quais os tipos de treinamentos?
- h) Qual a responsabilidade ambiental da empresa atualmente?
- i) Quantos funcionários trabalham na empresa? Destes, quantos já realizarão treinamentos relacionado a gestão ambiental?

Por último foram solicitados ao setor de Recursos Humanos da empresa dados referentes ao perfil dos funcionários, como idade, sexo, tempo de trabalho na empresa e suas funções, para análise de perfil necessário para os trabalhos realizados.

3.4 ANÁLISE DOS DADOS / FERRAMENTA FMEA

Inicialmente levantou-se os dados referentes aos funcionários da empresa, quando pode-se observar que em relação ao gênero dos funcionários é predominante o sexo masculino, como demonstrado na Figura 7:

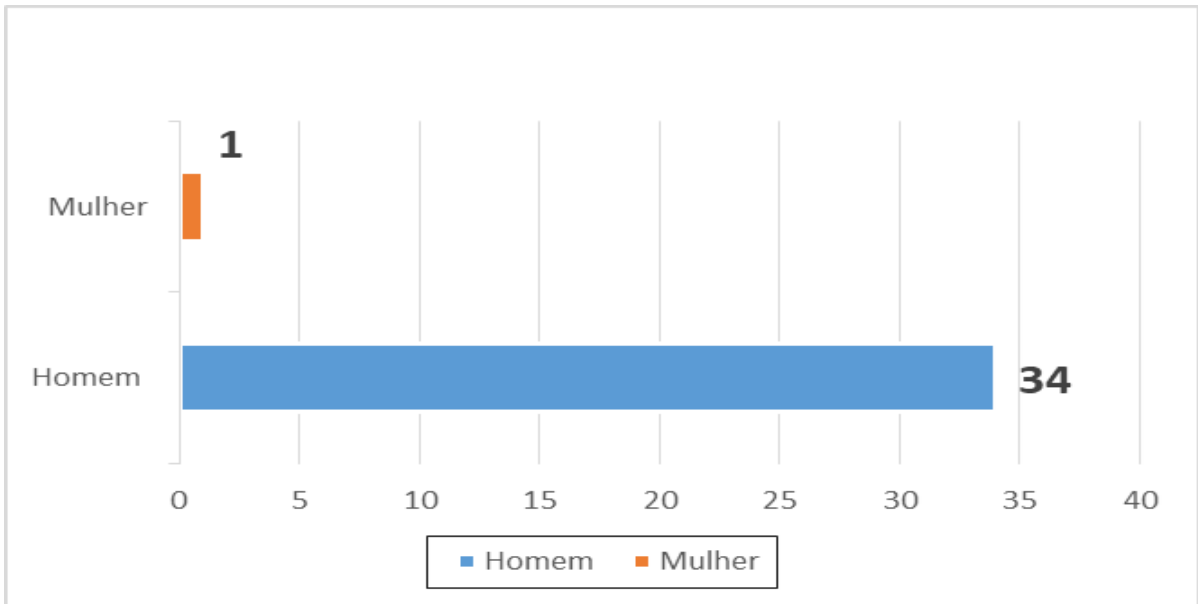


Figura 7. Distribuição dos funcionários da empresa quanto ao gênero.

Fonte: Própria (2018).

Em relação as funções realizadas no processo produtivo do concreto, a pesquisa apontou que existe uma demanda pequena para cada atividade do processo, como pode ser observado na (Figura 8):

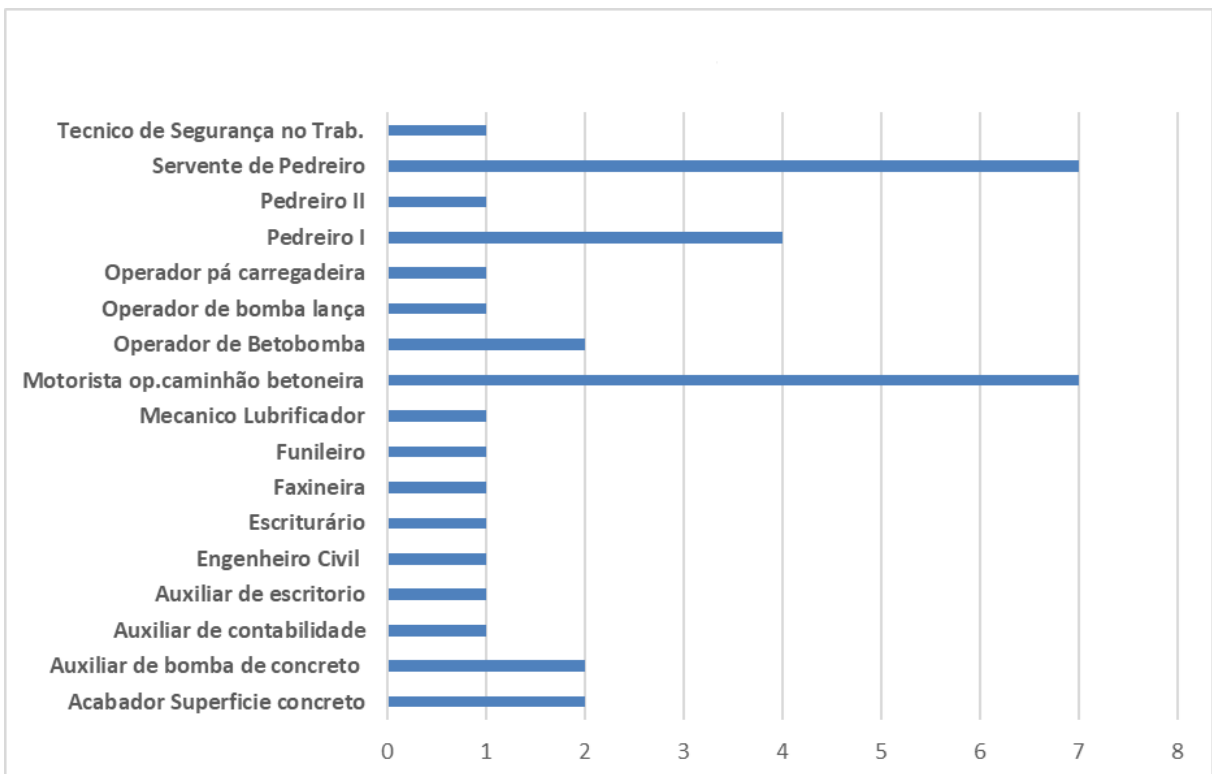


Figura 8. Função dos colaboradores.

Fonte: Própria (2018).

Apenas as funções de pedreiro, servente de pedreiro, motorista do caminhão betoneira, operador de betoneira, auxiliar de bomba de concreto e acabador de superfície de concreto que são necessários mais que um funcionário que podem alternar conforme o pedido é feito e de acordo com o processo produtivo.

Os salários dos funcionários são influenciados principalmente pela função que este tem dentro da empresa. Os salários de acordo com a função podem ser observados na Figura 9:

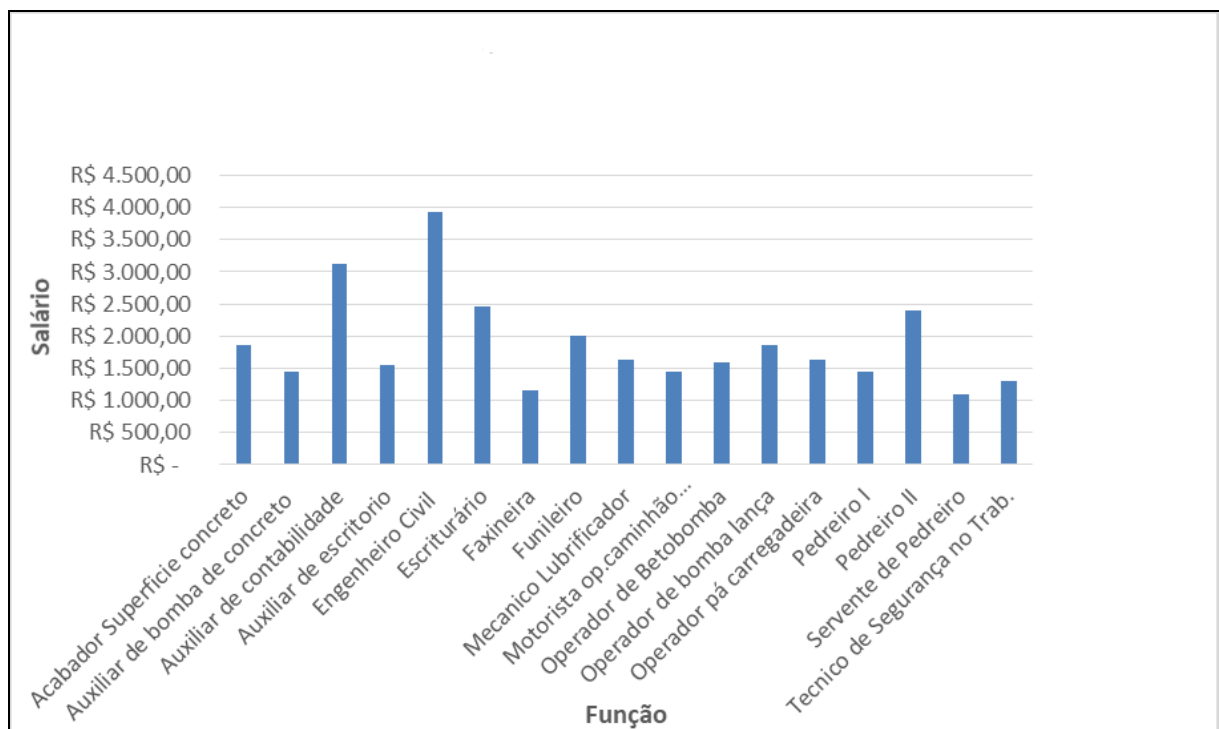


Figura 9. Salários dos funcionários por função.

Fonte: Própria (2018).

Foi notado que os funcionários mais antigos da empresa recebem salário superiores aos dos novos funcionários, porém foi possível observar como demonstrado na Figura 10, existe um índice alto de funcionários que desenvolvem serviços há bastante tempo na empresa, sendo 11 funcionários trabalhando a mais de 5 anos.

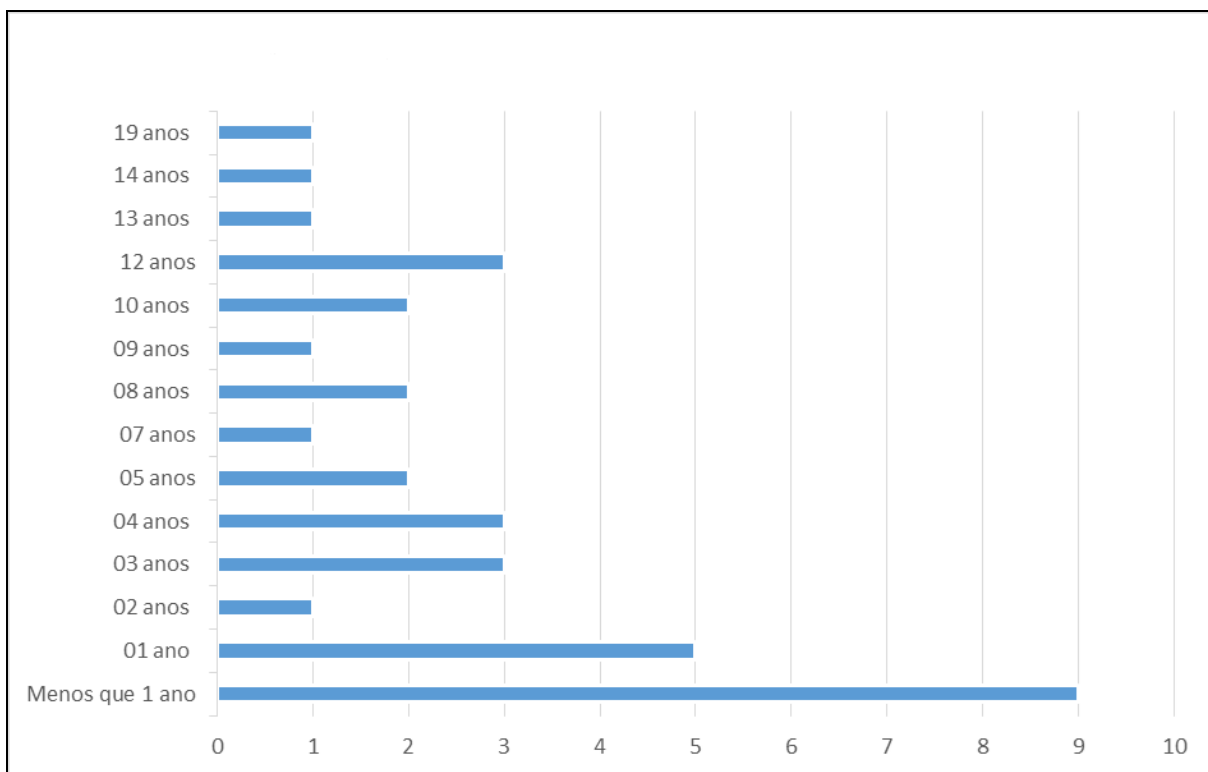


Figura 10. Distribuição dos funcionários por tempo de serviço.

Fonte: Própria (2018).

É possível observar que além dos funcionários mais antigos existem 11 funcionários que trabalham entre 1 a 5 anos na empresa, porém atualmente conta-se com uma rotatividade no número de funcionários, esta informação foi obtida através de reuniões o engenheiro civil responsável, o qual descreveu que os motoristas das betoneiras são aqueles que apresentam uma maior rotatividade, fato comprovado já que dos nove funcionários contratados a menos de 1 ano, 7 são motoristas de betoneiras.

Após o levantamento de dados dos funcionários passou-se ao levantamento do funcionamento do processo de produção do concreto, o procedimento com todas as etapas foi organizado e ilustrado na Figura 11 a seguir:

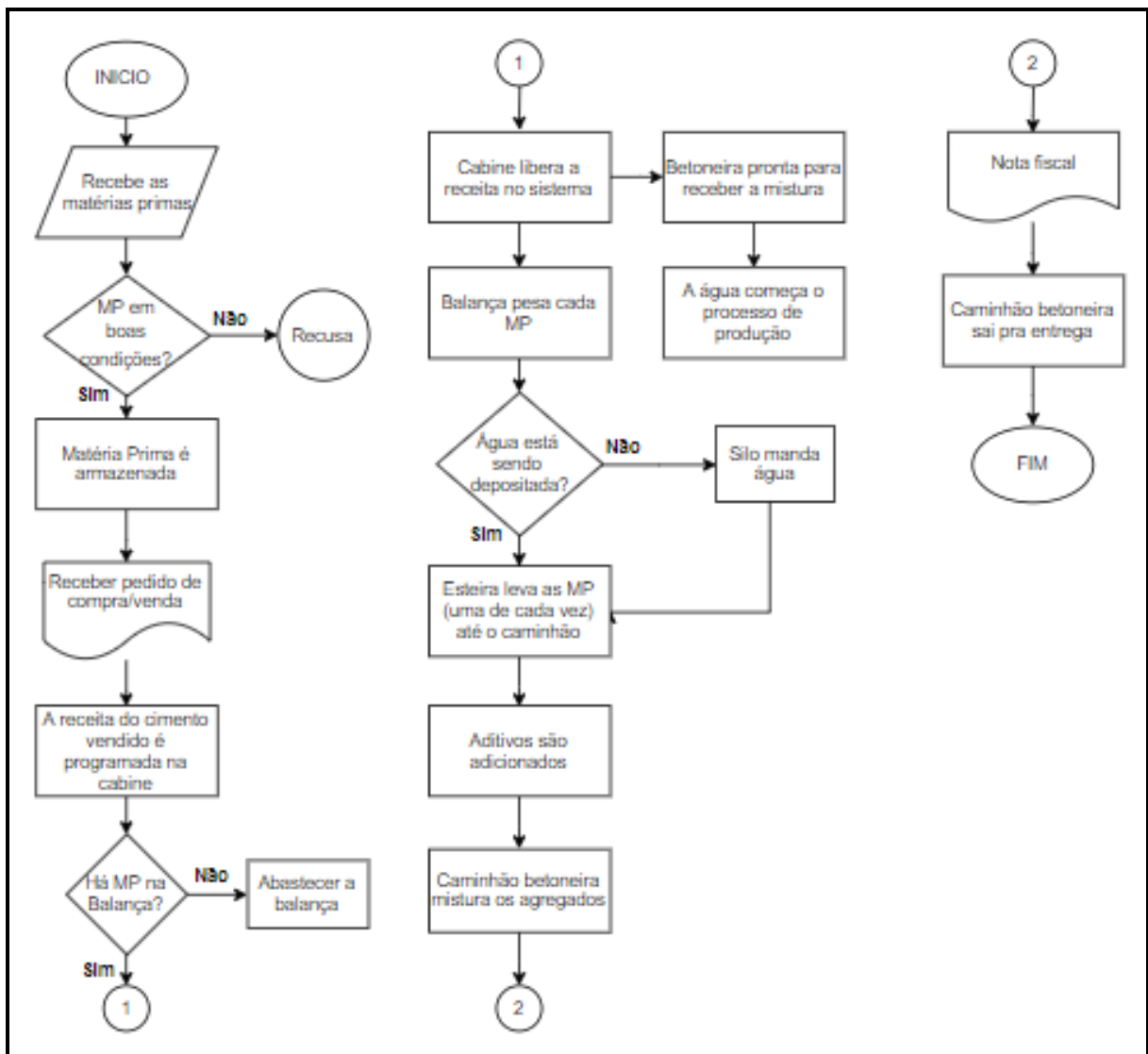


Figura 11. Fluxograma do Processo Produtivo do Concreto.

Fonte: Própria (2018).

Este processo produtivo inicia-se com o recebimento da matéria prima (caso esteja em boas condições) de origem em pedreira da região, e subdivida em baias respectivas para não haver mistura os matérias, após o depósito um caminhão realiza o abastecimento da balança automática.

A partir deste processo, é necessária a interferência do cliente, quando este realiza o pedido na recepção da empresa ou por telefone, podendo ele ser uma obra pequena ou de grande porte. Assim é emitido uma nota com as necessidades do concreto, podendo variar conforme sua utilização, como concreto de estrutura ou complemento.

O pedido então é passado para a linha de produção que programa o computador para realizar a mistura correta, iniciando-se a produção do concreto até sua deposição final dentro do caminhão betoneira, que por fim sai para entrega nas proximidades da região. É importante frisar que o concreto só é produzido poucas horas antes de sua entrega final, pois este tem características de ressecamento, sendo de no máximo 4 horas, inviabilizando longas distancias de entrega.

Esta ferramenta identificou falhas e suas causas no processo de produção de concreto na empresa estudada, sendo primordialmente o primeiro estágio, identificado e descrito o processo produtivo juntamente com a definição das matérias primas que são utilizadas, após esta etapa definiu-se as entradas e saídas do processo produtivo, de modo que possa ser rastreado os produtos envolvidos em cada etapa do processo e pôr fim a aplicação da ferramenta FMEA adaptada a área de estudo.

Para a realização deste, definiu-se que o FMEA será de processo, pois investiga, define os efeitos, classifica-os e indica os meios de controle. Segundo Riley et al. (2002) as potenciais causas e os efeitos dos processos relacionados a produção de concreto usinado, de forma a atenuar as deficiências potenciais do projeto resultando na priorização para a tomada de ações corretivas, tornando o FMEA um documento com os resultados do processo de concretagem.

Este documento, deve ser datado, e reavaliado conforme necessidade ou planejamento anterior, com finalidade de revisão dos processos ligados a concretagem e dos resíduos gerados por ela, usando-a como ferramenta de comparação para análises futuras. Ao final da aplicação da ferramenta, foi estudado o gerenciamento de resíduos a partir da NPR do processo, melhorando sua destinação final.

Definiu-se que a pesquisa aplicada seria executada na produção de concreto usinado na empresa em questão, realizando um preenchimento do documento FMEA adaptado. Segundo Riley et al. (2002) este documento pode ser utilizado para rastreabilidade do projeto ou processo, de forma que este pode ser adaptado para a área de estudo, ampliando o modelo apresentado como pode ser visto no Quadro 1 e seguindo as etapas de preenchimento do Quadro 2.

ANÁLISE DE MODO E EFEITO DE FALHA POTENCIAL

FMEA DE PROCESSO

Item:		Responsável pelo Processo:				FMEA Número:				
Ano:						Preparado por:				
Equipe:		Data chave:				Data FMEA (Início):				
Função do Processo	Modo de Falha Potencial	Efeito Potencial de Falha	Severidade	Causa e Mecanismo Potencial da Falha	Ocorrência	Controles Atuais do Processo	Detecção	NPR	Responsáveis	Ações Recomendadas

Quadro 1. Modelo de Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial.

Fonte: Adaptado de Riley et al (2002).

Item	Preenchimento de nome ou número do componente, subsistema ou sistema que está sendo analisado.
Responsável pelo processo ou projeto	Nome do fabricante ou do fornecedor.
Preparado por	Nome, telefone e empresa vinculado do Engenheiro responsável pelo FMEA.
Ano Modelo ou Programa	Especificação do ano do modelo ou do programa que será utilizado ou aplicado.
Data Chave	Preenchimento da data em que foi iniciado e de sua última revisão.
Equipe	Listar o nome das pessoas ou dos departamentos que deveram identificar e/ou realizar as tarefas.
Função do Processo ou dos Requisitos	Realiza-se uma descrição simplificada do processo ou projeto incluindo locais onde o processo demanda de maiores probabilidades de falhas, sendo estes listados separadamente.
Modo de Falha Potencial	Quais são as potenciais falhas em atender os requisitos do processo ou do projeto, referente a sua função, ou seja, descrição de não conformidades relacionados com o modo potencial de falhas (posterior) ou a falha potencial de uma falha potencial (precedente).
Efeito Potencial da Falha	Descreva quais serão os efeitos das falhas na visão do cliente, se este pode impactar na segurança ou na legislação vigente.
Severidade	Classifica-se por meio de índice numérico (1 a 10) quanto a gravidade da falha.
Classificação	Classificar quaisquer característica especial do processo ou do projeto.
Causa e Mecanismo Potencial da Falha	Definir por que meios a falha poderia ocorrer, contatada por meio de algo que pode ser corrigido ou controlado.
Ocorrência	Retrata-se a probabilidade que uma falha irá ocorrer, determina-se um índice (0 a 10), onde este garante a continuidade da análise.
Controles Atuais do Processo	Descreve os tipos de controles que podem detectar ou prevenir a ocorrência do modo de falha ou causa da falha.
Detecção	Utiliza-se de um índice onde observa-se os tipos de inspeção que podem ser realizados sendo de (10 a 0) e seus critérios de análise.
Número de Prioridade de Risco (NPR)	Realizado a multiplicações dos índices de severidade, ocorrência e detecção.
Ações Recomendadas	Procura-se indicar os altos níveis de NPR para ações corretivas e/ou preventivas com o objetivo de diminuir os índices.
Responsável pela Ação Recomendadas	Preenchimento do responsável e do prazo para execução.
Ação Tomada	Usada apenas a implementação de uma ação, realiza-se um relato breve e a data de sua efetividade.
Resultados da Ação	Estimativa e registro dos novos índices da NPR somente após uma ação corretivo ou preventiva.

Quadro 2. Preenchimento do documento FMEA.

Fonte: Riley et al. (2002).

Dentro do índice de severidade utiliza-se de critérios determinados a partir de definição dos efeitos encontrados e os critérios observados que podem ou não ocorrer, através do preenchimento do Quadro 3 sendo classificado como 10 o índice de maior e 1 o de menor severidade.

Efeito	Critério: Severidade do Efeito	Índice de Severidade
Perigoso sem aviso prévio	Pode pôr em risco as partes interessadas. É pontuada quando um modo de efeito de falha potencial for um impacto irreversível ou envolver discordância com leis governamentais sem aviso prévio. As falhas irão ocorrer sem aviso.	10
Perigoso com aviso prévio	Pode pôr em risco as partes interessadas. É pontuada quando um modo de efeito de falha potencial for um impacto irreversível ou envolve a não concordância com leis governamentais conhecidas. As falhas irão ocorrer com aviso.	9
Muito Alto	Perda da função primária e não atende a legislação. Partes interessadas muito insatisfeitas.	8
Alto	Perda da função primária ambiental e com redução no nível de desempenho. Partes interessadas insatisfeitas e não atendem a legislação.	7
Moderado	Perda da função primária, mas atende totalmente a legislação.	6
Baixo	Sem perda da função primária, mas atende totalmente a legislação.	5
Muito baixo	Impacto moderado, atende a legislação e a função primária é ameaçada.	4
Menor	O impacto avaliado é pequeno, não está em conformidade, requer estudo ambiental, foi detectado na empresa e houve grande reclamação da população.	3
Muito menor	O impacto avaliado é pequeno, não está em conformidade, requer estudo ambiental, foi detectado na empresa e houve pouca reclamação da população.	2
Nenhum	Nenhum efeito.	1

Quadro 3. Critérios de avaliação para severidade.

Fonte: Adaptado de AFL (2001).

Para o índice de ocorrência retrata-se as falhas possíveis e sua probabilidade através da análise do processo e faz-se preenchimento do Quadro 4 sendo denominado 10 muita alta e decaindo até 1:

Probabilidade de Falha	Taxas de falha possíveis	Índice de Ocorrência
-Muito alta: o aspecto e seu impacto são inevitáveis de forma elevada e irreversível;	Qualquer ocorrência.	10
-Muito alta: o aspecto e seu impacto são quase inevitáveis e ocorrem de forma irreversível;	Ocorre com alta frequência.	9
-Alta: aspectos (falhas) repetitivos, gerando impactos de elevada intensidade;	Ocorre com frequência de alta à moderada.	8
-Alta: aspectos cíclicos, de elevado impacto ocorrendo de forma periódica;	Ocorre com frequência de alta à moderada.	7
-Moderada: aspectos ocasionais, gerando impactos de média intensidade;	Ocorre ocasionalmente.	6
-Médio impacto: aspectos cíclicos gerando impactos de média intensidade;	Ocorre com frequência moderada.	5
-Baixo impacto: aspectos cíclicos gerando impactos de baixa intensidade;	Ocorre ocasionalmente, poucas vezes	4
Baixa: muitos aspectos com baixos impactos;	Ocorre poucas vezes.	3
Muito baixa: poucos aspectos com baixos impactos;	Difícil de ocorrer, frequência muito baixa.	2
Remoto: aspectos incomuns e impactos improváveis de ocorrerem;	Não ocorre.	1

Quadro 4. Critérios de avaliação para probabilidade de ocorrência.

Fonte: Adaptado de AFL (2001).

No índice de avaliação de detecção retrata-se a probabilidade de um impacto ser detectado sendo 10 quase impossível decaindo a 1 preenchendo o Quadro 5 encontrado abaixo:

Detecção, Controle e Monitoramento ambiental	Critério: existência da probabilidade de um aspecto e seu impacto ser detectado pelos controles de processos antes ou depois do processo subsequente, disposição dos resíduos/efluentes	Pontuação
Quase impossível	Não conhecido controle disponível para detectar o modo de falha.	10
Muito remota	Probabilidade muito remota de que o controle atual irá detectar o modo de falha.	9
Remota	Probabilidade remota de que o controle atual irá detectar o modo de falha.	8
Muito baixa	Probabilidade muito baixa de que o controle atual irá detectar o modo de falha.	7
Baixa	Probabilidade baixa de que o controle atual irá detectar o modo de falha.	6
Moderada	Probabilidade moderada de que o controle atual irá detectar o modo de falha.	5
Moderadamente Alta	Probabilidade moderadamente alta de que o controle atual irá detectar o modo de falha.	4
Alta	Probabilidade alta de que o controle atual irá detectar o modo de falha	3
Muito Alta	Probabilidade muito alta de que o controle atual irá detectar o modo de falha	2
Quase certamente	Controle atual quase certamente irá detectar o modo de falha.	1

Quadro 5. Critérios de avaliação para detecção.

Fonte: Adaptado de AFL (2001).

Por último calcula-se o Número de Prioridade de Risco (NPR): onde este é o produto de índices de Severidade (S), Ocorrência (O) e Detecção (D), ou seja,

NPR = S x O x D, de forma a compreender melhor qual o maior risco perante aos processos da empresa, foi então feita uma análise de quais destes processos influenciam mais negativamente no aspecto ambiental, e assim realizado uma sugestão quanto ao gerenciamento de resíduos deste.

A partir das definições e seguido os passos de preenchimento listados acima com o auxílio do engenheiro responsável da empresa, foi adaptado o FMEA de processos - Quadro 6 para a empresa estudada, onde foi observado que não existe classificações especiais para o processo produtivo do concreto, estoque e armazenamento de matéria prima, da mesma forma que não se obteve nenhum resultado das ações, pois estas não foram implantadas.

ANÁLISE DE MODO E EFEITO DE FALHA POTENCIAL

FMEA DE PROCESSO

Item:	Concreto			Responsável pelo Processo:			FMEA Número:		1	
Ano:	2018			Engenheiro Civil			Preparado por:		Bruna Moreira e Nathália Nascimento	
Equipe:	Produção de concreto			Data chave:		30/07/2018	Data FMEA (Início):		01/10/2018	
Função do Processo	Modo de Falha Potencial	Efeito Potencial de Falha	Severidade	Causa e Mecanismo Potencial da Falha	Ocorrência	Controles Atuais do Processo	Deteção	NPR	Responsáveis	Ações Recomendadas
Armazenamento e movimentação da Matéria-Prima	Dispersão de resíduos	Resíduos Sólidos e Atmosféricos	6	Falta de treinamento do funcionário e Perda de Material	6	Identificação visual da dispersão da matéria prima	1	36	Motorista da pá carregadeira	Adaptação das pás carregadeiras e da estrutura dos depósitos no estoque
Amostragem do concreto para teste de resistência (Corpo de prova)	Geração de resíduos sólidos	Resíduos sólidos	5	Grande volume de concreto para cada amostragem	8	Redução do volume de concreto por amostra	1	40	Engenheiro civil	Reduzir o volume de concreto por amostra e comercializa-los como produtos de jardinagem
Retorno de sobras de concretos para a empresa no caminhão	Geração de efluentes líquidos e sólidos	Resíduo sólido e efluentes líquidos, e ocupação de área para depósito dos resíduos	6	Setor de vendas, cliente faz pedido acima do que realmente seria necessário para obra	8	Auxílio na hora da venda ao cliente na quantidade de produto utilizado por tipo de obra	1	48	Setor de vendas e obras	Investir em um maquinário de reciclagem dos resíduos do concreto
Limpeza interna do caminhão betoneira quando retorna a empresa	Contaminação da água	Geração de efluentes líquidos	6	Não reaproveitamento dos recursos hídricos	8	Sistema de decantação dos resíduos	3	144	Engenheiro civil	Reutilizar a água em outros processos da produção
Posto de lavagem externa dos caminhões com presença de óleo e detergentes	Contaminação da água	Geração de efluentes	5	Não reaproveitamento dos recursos hídricos	8	Sistema de decantação de efluente	3	120	Motoristas dos caminhões e Engenheiro civil	Reutilizar a água em outros processos da produção
Limpeza externa com água no caminhão betoneira na saída	Dispersão de efluentes em via pública	Não tratar o efluente gerado	7	Infraestrutura da captação de água no local	8	Nenhum	1	56	Setor de produção	Adaptar o local com uma captação de água, para tratamento do efluente gerado

Quadro 6. FMEA aplicado no processo de usinagem do concreto.

Fonte: Própria (2018).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Iniciou-se este estudo por meio da identificação e descrição das etapas do processo produtivo, e segundo Hitomi (1979, p.36) definiu-se como “Produção por encomenda: dependência direta com a geração das ordens de produção, com as encomendas dos clientes”.

A partir da classificação de produção por batelada observou-se as entradas e saídas do processo produtivo seguindo a produção do concreto de forma simplificada como visto na Figura 12 e Quadro 7:

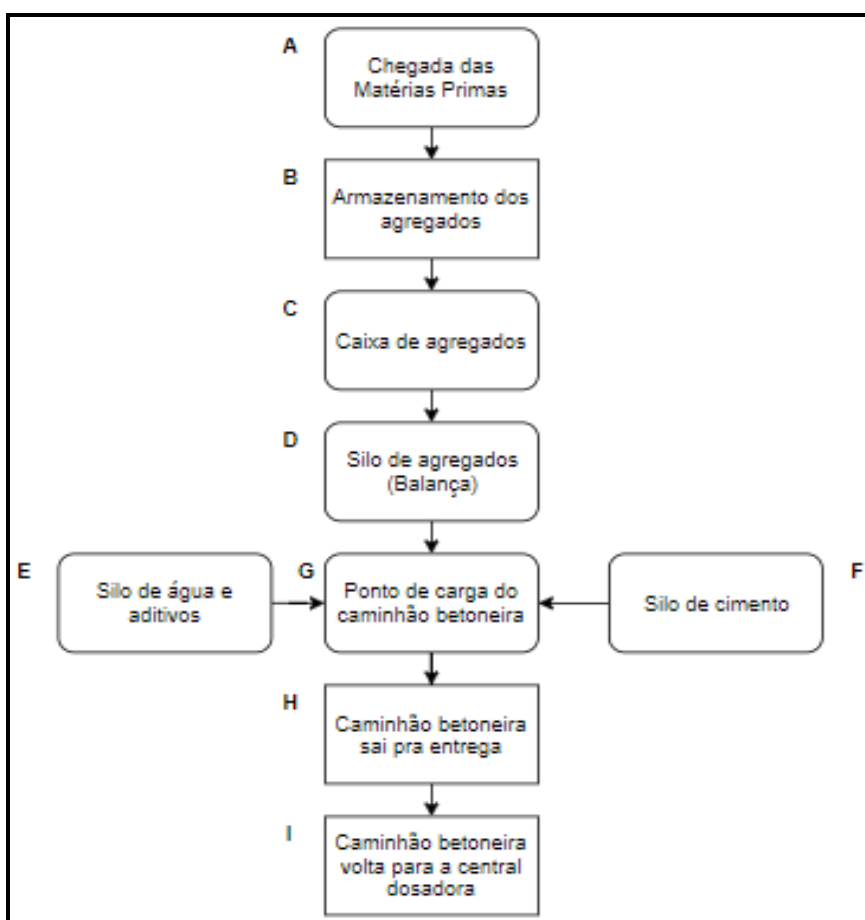


Figura 12. Entrada e saídas do processo de produção do concreto.
Fonte: Própria (2018).

Processo Produtivo	Entradas	Saídas
A	Emissão de CO ₂ , geração de óleo, pneus relacionados ao caminhão	Produção de resíduos de escritório e perda de agregados na chegada
B	Emissão de CO ₂ , geração de óleo, pneus relacionados ao caminhão	Dispersão de partículas das matéria-prima no ar devido manuseio (areia)
C	Perda de matéria-prima no solo	Perda de agregados pela pá-carregadeira
D	Perda de matéria-prima no solo	Dispersão de partículas das matérias-primas no ar devida a movimentação e alocação na esteira
E	Desperdício de água e aditivos pela antiga tubulação	Desperdício de água, aditivos devido ao mau manuseio dos aparelhos e embalagens dos aditivos
F	Água para lavagem do caminhão	Dispersão de partículas das matérias-primas, água e aditivos ao inserir no bocal do caminhão
G	Perda de cimento no abastecimento	Perda de cimento no ponto de carregamento da betoneira
H	Água para lavagem do caminhão (interior)	Água para não fixação da nuvem de matéria prima no caminhão
I	Emissão de CO ₂ , geração de óleo, pneus relacionados ao caminhão	Água e produtos químicos usados para lavagem e cuidado do caminhão (interior e exterior)

Quadro 7. Definição das entradas e saídas de resíduos do processo produtivo.

Fonte: Própria (2018).

Pode-se observar que nos diferentes pontos da produção são emitidos resíduos sólidos urbanos, resíduos de estabelecimento comercial e prestadoras de serviço (onde encontra-se a empresa estudada), resíduos industriais, da construção civil, resíduos relacionados aos serviços de transporte. Podendo ser classificados quanto a periculosidade pela Lei 12.305, para os agregados do cimento, os aditivos

químicos como resíduos perigosos, que tem como característica a inflamabilidade, toxicidade, apresentando risco a saúde pública e a qualidade ambiental.

Existem alguns outros resíduos gerados nas entradas e saídas dos processos de produção de concreto como a água de lavagem interior do caminhão betoneira, utilizada para lavagem exterior do caminhão que evita o acúmulo de partículas de matéria-prima, além da água são utilizados produtos químicos para lavagem dos bancos, vidros, e outros itens do interior do caminhão. A água com efluentes é depositada em uma caixa de separação e depois para outra caixa de decantação para posterior destinação correta, estes encontram-se sobre a classificação de resíduos classe I – perigosos.

Já outros resíduos como o corpo de prova, dispersão de partículas de areia e desperdício de brita, resíduos de escritório, são classificados como resíduos não perigosos pois se devidamente separados e destinados não causam nenhum dano a saúde e ao meio ambiente.

Pode-se a partir desta análise definir que o estudo dos resíduos gerados foi direcionado as etapas C, D, E, F, G e H, descartando as etapas A, B e I, para a possibilidade de aprofundamento das outras etapas, de forma a aplicar a ferramenta FMEA, dentro das outras etapas do processo produtivo do concreto.

Em relação a aplicação da ferramenta observou-se uma grande dificuldade de detecção de falhas no armazenamento e movimentação da matéria-prima, devido a facilidade de dispersão particulada de areia e brita na movimentação da pá carregadeira, onde o motorista da retroescavadeira retira o material do estoque e o transfere para a balança, esta dificuldade está relacionada ao terreno não plano e não asfaltado, de forma que não é possível quantificar a perda deste material.

Em relação a amostragem do concreto para testes de resistência (corpo de prova), existe uma difícil detecção pois a quantidade de material retirado como amostra deveria ser relacionado a quantidade de concreto produzido, além de relacionado ao tempo de exposição do concreto pronto com o tempo, de forma que nem todas amostras são feitas e quando feitas, é retirado uma quantidade a partir da percepção e perspicácia do engenheiro, ou seja, não baseado em cálculos e medidas estabelecidas.

Uma das maiores preocupações quanto ao desperdício de concreto que retorna para empresa, está relacionado a apreensão de gastos desnecessários de

matéria-prima e de trabalho, pois a detecção da quantidade de material retornado não pode ser quantificada e reutilizada de forma correta.

Já em relação aos efeitos potenciais de falha e modo de falha as etapas de limpeza interna e posto de lavagem externa com presença de óleo e detergentes, segundo a empresa e comprovadamente pela análise da severidade e do Número de Prioridade de Riscos respectivamente como 144, 120 como sendo o principal foco da aplicação de propostas de melhorias e gerenciamento destes resíduos.

Nas duas etapas do processo de produção do concreto mostram-se de alta ocorrência (8), ou seja, observou-se que em todas as entradas e saídas existe a contaminação de água e conseqüentemente o não aproveitamento dos recursos hídricos, apesar de já obterem de um sistema de decantação dos resíduos.

O sistema de decantação dos resíduos é semelhante ao que pode ser visto na Figura 13 desenvolvida por Paula e Ilha (2014), no qual a lavagem do caminhão apenas com água é depositada no (1), passando pelas decantações nos tanques (2), sendo diferentes em zonas de decantação, ascensão e de repouso, para no estágio (3) esta água tratada ser bombeada novamente para a próxima lavagem interior da betoneira.

Após um tempo não contabilizado pela empresa, é feita a raspagem dos resíduos decantados dos tanques e estes despostos em um espaço específico do terreno para posterior despejo em aterro sanitário da região, de forma que não existe um controle rígido da qualidade da água, eficiência da lavagem e trocas periódicas da água de saída, de forma que esta água é repassada para o sistema de tratamento de água da cidade.

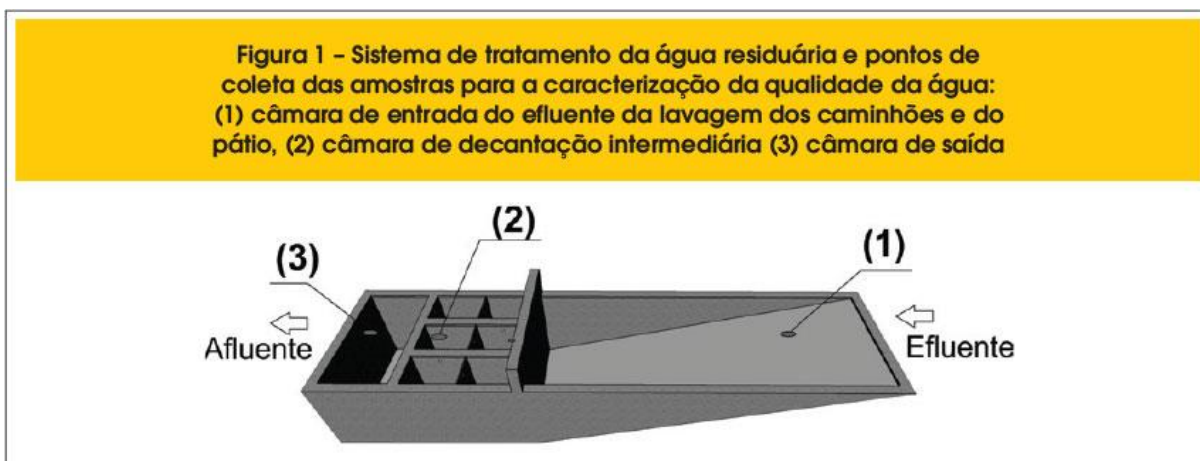


Figura 13. Sistema de Decantação dos Resíduos.

Fonte: Paula e Ilha (2014).

Quanto a eficiência do processo produtivo, este é realizado de maneira adequada, onde a produção é realizada apenas quando existe demanda e quando possível o concreto retornado das obras é reaproveitado em um futuro carregamento, variando quanto ao tempo de secagem do concreto e avaliação da perda das qualidades e restrições do mesmo. Relacionando a eficiência com os cuidados com o meio ambiente, a empresa não aplica algumas ações básicas para diminuir ou extinguir a geração de resíduos sólidos e líquidos durante a produção do concreto.

Propõem-se aplicar o gerenciamento dos resíduos identificados nos itens limpeza interna do caminhão betoneira quando retorna a empresa e posto de lavagem externa dos caminhões, por seus Número de Prioridade de Risco foram respectivamente, 144 e 120. Demonstrando uma grande preocupação quanto ao tipo de resíduos, a quantidade da produção desse resíduo e o quão perigoso ele é em relação ao meio ambiente e a saúde pública.

No mais alto NPR, quando houver ocorrência do caminhão betoneira retorna das obras com quantidade significativas de concreto este se estiver em suas especificações técnicas e o seguinte pedido a ser produzido for com as mesmas especificações técnicas pode ser agregado a mistura e retornado a obra.

Já para o caso das especificações técnicas não estarem de acordo com a necessidade do cliente, como resistência, endurecimento, entre outros, o Engenheiro Civil da empresa ofereceu uma alternativa que consiste em comprar uma Máquina para reciclagem de entulho ou uma usina de Britagem da Empresa Faria (Figura 14), onde o concreto já vencido, seria deposto na extremidade permitindo triturar

resíduos provenientes de atividades de construção e demolição como: concreto, tijolos, pedras, materiais cerâmicos e mármore, tornando-os reutilizáveis.

Existem diversas empresas que produzem um triturador de entulhos no mercado nacional, transformando concretos e outros agregados em areia e pedra, de forma que esta matéria-prima possa ser reutilizada dentro da produção de um novo concreto, ganhando benefícios como redução de custos com descarte de entulho, redução de envio de materiais para aterro sanitário de inerte, operável por controle remoto, reaproveitamento de resíduos no próprio local, otimização dos recursos e redução de desperdícios e o principal a geração de valor sustentável.



Figura 14. Usina de Britagem Móvel.

Fonte: Maquinas Faria (2018).

A alternativa da compra da máquina e sua aplicação na empresa foi discutida entre os sócios e analisada pelos diversos aspectos relacionados a ela, porém por seu alto custo de compra, e por serem proprietários de uma pedreira, não houve um interesse de reciclar o concreto, pela fácil disponibilidade de matéria-prima original, não agregando um custo imediato a empresa.

Quanto as sobras deste concreto, outra alternativa seria reaproveita-lo em moldes de postes para iluminação pública, vasos, balaústres, blocos de concreto, cobogo de concreto, peso de porta e diversos artefatos produzidos a partir de moldes e sem necessidade de restrições técnicas, como resistência alta, grande durabi-

lidade e outros. De forma que este concreto pôde-se ser tornar fonte de renda alternativa e não mais desperdício e poluição.

Para aplicação de um gerenciamento dos resíduos decorrentes da decantação este deve seguir alguns conceitos como as Normas Técnicas Brasileira - NBR 6118 (ABNT, 2014) relacionando a agressividade ambiental com a qualidade e durabilidade do concreto.

No Brasil, existem diferentes políticas públicas voltadas ao gerenciamento de Resíduos de Construção Civil (RCC) que visam impulsionar as empresas geradoras de resíduos a tomarem uma nova postura gerencial e implementar medidas que visem a redução da quantidade de resíduos produzidos. A Resolução nº307 do CONAMA - Conselho Nacional do Meio Ambiente, estabelece obrigações para os geradores e para os municípios. Com relação ao gerador (empresa em estudo) ele deve ter como objetivo principal a não geração de resíduos e, secundariamente, a redução, a reutilização, a reciclagem e a destinação final.

A empresa é responsável pela implantação de programas de gerenciamento de resíduos, envolvendo o estabelecimento de procedimentos necessários para o manejo e destinação ambientalmente adequados dos resíduos gerados.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Atualmente existe uma crescente preocupação na diminuição da quantidade de resíduos gerados na construção civil, e políticas mais severas para os grandes geradores de resíduos foram criadas com o intuito de fiscalizar e garantir certa sustentabilidade e conseqüentemente qualidade de vida para as gerações futuras.

Observou-se a crescente preocupação e esforços por parte da empresa analisa neste estudo em destinar os resíduos e o concreto da melhor forma no meio ambiente, como o próprio concreto retornado a empresa e resíduos relacionados a lavagem do caminhão. De forma que as opções de reutilização do concreto para artefatos de menor valor e a compra da usina de britagem serão analisadas para futura aplicação.

As soluções encontradas para diminuir a quantidade de resíduos decorrentes do processo produtivo do concreto, após os estudos levantados pelo FMEA aplicado se mostraram duvidosas por opinião dos sócios proprietários, sendo positivas apenas do ponto de vista ambiental. É necessário o levantamento de mais custos envolvidos nos processos, além da quantificação das matérias-primas perdidas durante a fabricação e manuseio do concreto, para uma futura recomendação do gerenciamento dos resíduos e suas destinações finais.

Em relação a aplicação do método FMEA na empresa foi considerada proveitosa, devido a aprovação e a receptividade da empresa e dos funcionários, que compreenderam a importância da pesquisa e que seus resultados poderiam lhes agregar valores.

Quanto ao método, este foi considerado eficiente ao propósito do estudo, implantado com sucesso nas etapas definidas do processo de produção do concreto, incentivando e induzindo a integração dos funcionários da empresa para a melhoria contínua, avaliando impactos ambientais significativos, onde o responsável da empresa proponha e implante soluções corretivas e preventivas para melhor aproveitamento das matérias-primas e a diminuição dos resíduos gerados.

A efetividade da ferramenta FMEA foi comprovada pois este foca com precisão os aspectos e os impactos ambientais associados, que correspondem, respectivamente, ao modo e efeito de falha do processo, avaliando a significância do impacto e sua influência na quantidade e periculosidade dos resíduos gerados. Por

outro lado, o resultado não é confiável plenamente porque necessita de uma integração dos profissionais responsáveis e exige perfeita sintonia de interesses (econômicos e ambientais perante aos sócios) para diminuir as tendenciosidades e subjetividades.

REFERÊNCIAS

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 14004. Sistemas de gestão ambiental - diretrizes gerais sobre princípios, sistemas e técnicas de apoio.** Rio de Janeiro: ABNT, 1996.

ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. **NBR ISO 6118 - Estruturas de concreto armado – Procedimento.** Disponível em: <https://docente.ifrn.edu.br/valtencirgomes/disciplinas/construcao-de-edificios/abnt-6118-projeto-de-estruturas-de-concreto-procedimento>. Acesso em: 20 de out de 2018.

ABNT. **NBR 10.004 – Resíduos Sólidos – Classificação.** ABNT, Rio do Janeiro, 2004.

AFL - Alcoa Fujikura Ltda. **Análise de modo e efeito da falha ambiental – EFMEA;** documento interno. Itajuba- M.G.2001. p.10.

ANDRADE, D. C. Bibliotecas universitárias de ciências humanas e sociais. **Revista da Escola de Biblioteconomia.** Belo Horizonte *UFMG*, v. 13, n. 1, p. 91-107, mar. 1984.

BIDONE, F.R.A.; POVINELLI, J. **Conceitos básicos de resíduos sólidos.** 1.ed. São Carlos, EESC-USP, 1999.

BIDONE, Francisco Ricardo Andrade; POVINELLI, Jurandy. **Conceitos Básicos de Resíduos Sólidos.** São Carlos: Rima Artes e Textos, 1999. 120 p.

BILUCA, Juliana. **Mapeamento e análise de áreas de destinação de resíduos da construção civil em Francisco Beltrão - PR.** 2017. 187 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Pós-Graduação em Engenharia Civil, UTFPR, Pato Branco, 2017. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/2651/1/PB_PPGEC_M_Biluca_Juliana_2017.pdf. Acesso em: 19 abr. 2018.

BOTELHO, T. M. G. de. **Inovação e pesquisa em biblioteconomia e Ciência da Informação.** In: CONGRESSO BRASILEIRO DE BIBLIOTECONOMIA E DOCUMENTAÇÃO, 10, 1979, Curitiba. Anais. Curitiba: Associação Bibliotecária do Paraná, 1980. v. 1, p. 216-25.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 01.** Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental. Brasília – DF, 1986. Disponível em: http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf. Acesso em: 19 abr. 2018.

BRASIL. CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 307.** Estabelece diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil. Brasília – DF, 2002. Disponível em: <http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>. Acesso em: 19 abr. 2018.

BRASIL. **Decreto nº 85206** de 25 de setembro de 1980. Brasília, Disponível em: <<https://www.diariodasleis.com.br/legislacao/federal/43284-altera-o-artigo-8-do-decreto-76-389-de-3-de-outubro-de-1975-que-dispoe-sobre-as-medidas-de-prevencao-e-controle-da-poluicao-industrial.html>> Acesso em: 18 abr. 2018.

BRASIL. **Lei nº 6.938**, de 31 de agosto de 1981. **Política Nacional do Meio Ambiente**. Brasília, Disponível em: <http://www.oas.org/dsd/fida/laws/legislation/brazil/brazil_6938.pdf>. Acesso em: 25 mar. 2018.

BRASIL. **Lei nº 6803/81**, de 02 de julho de 1980. Política Nacional do Meio Ambiente. Brasília, Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6803.htm>. Acesso em: 18 abr. 2018.

BRASIL. **Lei-Decreto nº 1413**. Controle da Poluição do Meio Ambiente Provocado Por Atividades Industriais. Brasília, Disponível em: <<http://www2.camara.leg.br/legin/fed/declei/1970-1979/decreto-lei-1413-14-agosto-1975-378171-publicacaooriginal-1-pe.html>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

BRASIL. **Resolução nº 001/86**, de 23 de janeiro de 1986. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Brasília, Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/res/res86/res0186.html>>. Acesso em: 18 abr. 2018.

BRASIL. **Resolução nº 307/2002**, de 17 de julho de 2002. Brasil, DOU, p. 95-96. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/port/conama/legiabre.cfm?codlegi=307>>. Acesso em: 11 maio 2018.

CARNAÚBA, T. M. G. V. **Proposta de gerenciamento de resíduos sólidos em obras de edificações verticais**. 2009. 118f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2009.

COIMBRA, Marcell de Menezes. **Aplicação da análise de modo e efeitos de falha potencial (FMEA) para avaliação de significância de aspectos e impactos ambientais da indústria cerâmica**. 2003. 175 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Geociências, Área de Administração e Política de Recursos Minerais, Unicamp, Campinas, 2003. Disponível em: <http://repositorio.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/287139/1/Coimbra_MarcelideMenezes_M.pdf>. Acesso em: 25 de março de 2018.

HAMADA, J. **Resíduos sólidos- conceitos e caracterização**. Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd48/aula01.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2017.

Hitomi, K. **Manufacturing Systems Engineering**, Taylor & Francis Ltd, ISBN 0-85066-177-3. 1979.

JORDÃO, Eduardo. **Poluição Industrial e Gestão Ambiental**. In: III SEMINÁRIO DE TRANSFERÊNCIA DE TECNOLOGIA, 1995, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Livraria LMC, 1995.

LOBO, Renato Nogueirol. **Gestão da Qualidade: As 7 ferramentas da qualidade**. São Paulo: Érica Ltda., 2010. 190 p.

FARIA, Maquinas. **Usina de Britagem Móvel**. 2018. Disponível em: <<http://maquinasfaria.com.br/project/usina-de-britagem-movel/>>. Acesso em: 20 out. 2018.

MARQUES, Jose Carlos. **Ferramentas da Qualidade**. Disponível em: http://www.mccpconsultoria.com.br/wp-content/uploads/arquivos/downloads/11-ferramentas_da_Qualidade.pdf. Acesso em: 25 de março de 2018.

NASCIMENTO, Victor Fernandez. **Proposta para Indicação de Áreas para a Implantação de Aterro Sanitário no Município de Bauru-SP, Utilizando Análise Multi-Critério de Decisão e Técnicas de Geoprocessamento**. 2012. 228 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil e Engenharia Ambiental, Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2012. Disponível em: <https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/92957/nascimento_vf_me_bauru.pdf?sequence=1>. Acesso em: 12 abr. 2018.

PASA, Carine Cristiane Machado Urbim. **Utilização de modelo de referência para a melhoria dos processos construtivos de edificações buscando a redução da geração de resíduos no setor de construções residenciais**. 2012. 141 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Mestrado em Engenharia de Produção, Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UTFPR, Ponta Grossa, 2012. Disponível em: <http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/590/1/PG_PPGEPM_Pasa_CarineCristianeMachadoUrbim_2012.pdf>. Acesso em: 21 abr. 2018.

PAULA, H. M.; ILHA, M. S. O. **Qualidade da água residuária de usina de concreto para fins de aproveitamento**. Rev. IBRACON Estrut. Mater., São Paulo, v. 7, n. 3, p. 349-366, junho 2014. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-41952014000300003&lng=en&nrm=iso>. access on 29 Oct. 2018. <http://dx.doi.org/10.1590/S1983-41952014000300003>>. Acesso em: 20 out. 2018.

PEREIRA, Bráulio José. **Sustentabilidade: Um Desafio para Engenharia**. Tec. Hoje, Belo Horizonte, p.1-5. IETEC - Instituto de Educação Tecnológica. Disponível em: <http://www.techoje.com.br/site/techoje/categoria/detalhe_artigo/1693>. Acesso em: 25 maio 2018.

QASSIM, Raad Yahya; VASCONCELLOS, R. **Minimização de Rejeitos: Gerenciamento de Resíduos Industriais**. In: III SEMINÁRIO DE TRANSFERENCIA DE TECNOLOGIA, 1995, Rio de Janeiro. Rio de Janeiro: Livraria LMC, 1995. p. 63 – 105.

REIS, Nelson Pereira dos; GARCIA, Sistemas de gerenciamento dos resíduos industriais e o controle ambiental. In: PHILIPPI, Arlindo (Org.). **Política Nacional, Gestão e Gerenciamento de resíduos Sólidos**. Barueri: Manole, 2012. Cap. 19, p. 468.

RILEY, H. *et al.* Trad. CARDOSO, A. *et al.* **Análise de Modo e Efeito de Falha Potencial: FMEA**. 2. ed. São Paulo: Instituto da Qualidade Automotiva, 2002. 85 p.

RODRIGUES, Daniela C. **Proposição de um plano de gerenciamento de resíduos sólidos para o centro integrado de operação e manutenção da casan (CI-OM)**. 2015. 92f. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia Sanitária)

ria e Ambiental) - Programa de pós-Graduação em tecnologia, Universidade Federal de Santa Catarina, 2015. Disponível em: <<http://gestaoderesiduos.ufsc.br/files/2016/04/tcc-2015-2-daniela-carolina-rodrigues.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2017.

SANTOS, Márcia França Ribeiro Fernandes dos; PEIXOTO, José Antônio Assunção; XAVIER, Leydervan de Souza. **Integração das Práticas Sociais a partir das Normas ISO 9000, 14000 E 16000**. Pensamento Contemporâneo em Administração, Rio de Janeiro, v. 24, n. 3, p.34-41, 02 dez. 2008. Disponível em: <<http://www.redalyc.org/html/4417/441742834003/>>. Acesso em: 30 maio 2018.

SILVA, Felipe Fernando da. **Análise de Riscos dos Trabalhadores da Coleta de Resíduos Sólidos Domiciliares do Município de Curitiba - PR**. 2015. 67 f. Monografia (Especialização) - Curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, UTFPR, Curitiba, 2015. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/6704/1/CT_CEEEST_XXX_2015_14.pdf>. Acesso em: 11 maio 2018.

SOUZA, Ana Beatriz Barros et al. **Reaproveitamento de resíduos industriais - Uma viabilidade econômica e ambiental: Estudo de caso em uma empresa calçadista de João Pessoa - PB**. XXXIII ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 33, 2013, Salvador. Anais do XXXIII ENEGEP. Salvador: 2013. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STO_185_056_22743.pdf>. Acesso em: 29 set. 2017.

ZURITA, Manuel Luiz Leite. **Modelo de Sistema de Gestão Ambiental Municipal em conformidade com os Requisitos Estabelecidos pelas Normas da Série NBR ISO 14000**. 2004. 218 f. Tese (Doutorado) - Curso de Pós-graduação em Ecologia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2004. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/6035/000479656.pdf?sequenc e=1>>. Acesso em: 30 maio 2018.