

UNIVERSIDADE DE TAUBATÉ

Laura Helena dos Santos da Silva Ramos

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA PARA
REDUÇÃO DE RESÍDUO ORGÂNICO DO PROCESSO DE
UMA EMPRESA DE ALIMENTOS**

TAUBATÉ

2019

Sistema Integrado de Bibliotecas SIBi/UNITAU
Biblioteca Setorial de Gestão e Negócios/Civil

R175a Ramos, Laura Helena dos Santos da Silva
Aplicação da metodologia seis sigma para redução
de resíduo orgânico do processo de uma indústria
alimentícia / Laura Helena dos Santos da Silva Ramos.
- 2019.
42f.:il.

Monografia (graduação) - Universidade de Taubaté,
Departamento de Engenharia Civil, 2019.
Orientação: Prof. Me. Antonio Claudio Testa Varallo,
Departamento de Engenharia Civil.

1. Metodologia. 2. Seis sigma. 3. DMAIC. I. Título.

CDD 658.562

Laura Helena dos Santos da Silva Ramos

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA PARA
REDUÇÃO DE RESÍDUO ORGÂNICO DO PROCESSO DE
UMA EMPRESA DE ALIMENTOS**

Trabalho de Graduação apresentado para
obtenção do Certificado de Bacharelado
pelo Curso de Engenharia Ambiental e
Sanitária do Departamento de Engenharia
Civil da Universidade de Taubaté.
Orientador: Prof. Me Antonio Claudio Testa
Varallo.

TAUBATÉ

2019

LAURA HELENA DOS SANTOS DA SILVA RAMOS
APLICAÇÃO DA METODOLOGIA SEIS SIGMA PARA REDUÇÃO DE
RESÍDUO ORGÂNICO DO PROCESSO DE UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA

Trabalho de Graduação apresentado para obtenção do Certificado de Bacharelado pelo Curso de Engenharia Ambiental e Sanitária do Departamento de Engenharia Civil da Universidade de Taubaté.
Orientador: Prof. Me Antonio Claudio Testa Varallo.

Data: _____

Resultado: _____

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me Antonio Claudio Testa Varallo

Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Prof. Alexandre José de Oliveira Santos

Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

Prof. Me Carlos E. Monteclaro Cesar Junior

Universidade de Taubaté

Assinatura: _____

AGRADECIMENTOS

A Deus, por me fortalecer diante dos desafios encontrados durante a conquista do meu sonho de concluir a graduação de Engenheira Ambiental e Sanitária.

A minha mãe Lena, minha avó Maria e meu padrasto Alemão, pelas orações, incentivo e motivação.

Ao meu noivo, Pedro, por me ajudar nas dúvidas e sempre me impulsionando para que eu me desenvolva e me torne uma excelente Engenheira.

As minhas colegas de turma, Juliana, Marielle, Nadine, Sofia e Tamiris, pela convivência ao longo desses anos, paciência, compartilhamento de conhecimento, companheirismo e amizade.

Aos meus colegas de trabalho que me orientaram na realização do meu trabalho de conclusão de curso.

Ao professor orientador, Antonio Claudio, por aceitar me orientar no trabalho de conclusão de curso, me conduzindo com clareza no desenvolvimento das etapas do projeto.

RESUMO

Este trabalho de graduação do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária, refere-se sobre a redução da geração de resíduos orgânicos do processo de uma Empresa de Alimentos, através da realização de um projeto desenvolvido sobre a metodologia Seis Sigma. O objetivo deste trabalho é utilizar a metodologia Seis Sigma para realizar um projeto DMAIC, na redução de impactos ambientais negativos, com o foco na melhoria do processo e meio ambiente. Assim como para desenvolver boas práticas ambientais, por meio de um projeto White Belt, com o propósito de reduzir os resíduos proveniente do processo produtivo, estabelecendo procedimentos para integrar os indicadores ambientais à técnica Seis Sigma. Esse processo foi utilizado para identificar em que etapas dos processos ocorrem as maiores perdas e quais produtos geram a maior quantidade de resíduo. Ao longo da apresentação do trabalho será demonstrado o levantamento dos dados obtidos através da pesquisa de campo, o compilado dessas informações, destacando-se para os produtos e equipamentos/ linhas com os maiores valores de geração, atribuindo assim projetos que terão os maiores impactos aos meios. Contudo, nas considerações finais, está apresentado as informações levantadas após a aplicação das ações iniciais propostas no desenvolvimento do projeto, sendo possível apresentar de forma quantitativa os equipamentos/ linhas e produtos, onde foi realizado algumas ações e proposto novos projetos com o intuito de diminuir ao longo do tempo a redução dos resíduos gerados.

Palavras-chave: Metodologia. Seis Sigma. DMAIC.

ABSTRACT

This undergraduate work in the Environmental and Sanitary Engineering course, refers to the reduction of the generation of waste residues in the process of a Food Company, through the realization of a project developed on the Six Sigma methodology. The objective of this work is to use the Six Sigma methodology to carry out a DMAIC project, reduced environmental impact reduction, with a focus on improving the process and the environmental. As well as to develop good environmental practices, through a White Belt project, with the objective of reducing the residues proved by the production process, establishing procedures to integrate the environmental indicators to the Six Sigma technique. This process was used to identify at which stages of the processes the greatest damage occurs and which products generate the greatest amount of waste. Throughout the presentation of the work, it will be demonstrated the survey of the data obtained by the field research, or the information compiled, highlighting the products and equipment/ lines with the highest generation values, assigning the same projects to users who use the largest sizes to media. However, in the final considerations, it is presented as information gathered after the application of the actions initiated in the development of projects, making it possible to quantitatively display the equipment/ lines and products, where some actions and new projects were carried out in order to execute over time in reducing waste generated.

Keywords: Methodology. Six Sigma. DMAIC.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Caracterização e classificação de resíduos	14
Figura 2 - Etapas para o descarte de resíduos	17
Quadro 3 - Visão Geral do DMAIC	21
Quadro 4 - Fase “Define” do DMAIC	23
Quadro 5- Fase “Measure” do DMAIC.....	25
Quadro 6 - Fase “Analyse” do DMAIC.....	27
Quadro 7 - Fase “Improve” do DMAIC.....	28
Quadro 8 - Fase “Control” do DMAIC.....	30
Quadro 9 - A equipe Seis Sigma x atribuições	32
Quadro 10 - Desdobramento de metas	33
Quadro 11 - Etiqueta de identificação 1ª via	36
Quadro 12 - Etiqueta de identificação 2ª via	37
Quadro 13 - Etiqueta de identificação 3ª via	37
Gráfico 14 - Porcentagem de resíduo X Linha/ equipamento	38
Gráfico 15 - Porcentagem de resíduo X Tipo de produto/ serviço	39

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas
- ANOVA – Análise de Variância
- CEO – Chief Executive Officer (Diretor Executivo)
- CEP – Controle Estatístico do Processo
- CRR – Central de Resíduos Recicláveis
- DMAIC – Define, Measure, Analyze, Improve and Control (Definir, Mensurar, Analisar, Implementar e Controlar)
- DOE – Delineamento de Experimentos
- FMEA – Failure Mode and Effect Analysis (Análise dos modos de falhas e efeitos)
- FTA – Fault Tree Analysis (Análise da árvore de falhas)
- IPA – Identificar, Priorizar e Atribuir
- MAIC – Medir, Analisar, Melhorar e Controlar
- MSA – Análise do Sistema de Medição
- NBR – Norma Brasileira
- OCAP – Out of Control Action Plan (Plano de Ação de Desvio Fora do Controle)
- OJT – On The Job (No Trabalho)
- PDCA – Plan, Do, Check and Action (Planejar, Fazer, Verificar e Agir)
- PDPC – Process Decision Program Chart (Gráfico do Programa de Decisão de Processo)
- PNRS – Política Nacional de Resíduos Sólidos
- QFD – Quality Function Deployment (desdobramento da função qualidade)
- SHE – Safety, Health and Environment (Segurança, Saúde e Meio Ambiente)
- SIPOC – Supplier, Input, Process, Output and Customer (Fornecedor, Entrada, Processo, Saída e Cliente)
- VOC – Voz do Cliente
- 4 R(s) – Reduzir, Reciclar, Reutilizar e Reeducar
- 5W2H – What, Why, When, Where, Who, How much e How (O que, Por que, Quando, Onde, Quem, Quanto e Como)
- σ – Sigma

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO.....	12
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	13
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS.....	13
3.2 ETAPAS PARA O PROCESSO DE DESCARTE DE RESÍDUOS.....	16
3.3 SURGIMENTO E ADEQUAÇÃO DO SEIS SIGMA	17
3.4 CONCEITO SEIS SIGMA.....	18
3.5 OBJETIVOS E VANTAGENS DO SEIS SIGMA	18
3.6 MÉTRICAS DO SEIS SIGMA	19
3.7 METODOLOGIA DMAIC	20
3.8 ETAPAS DO DMAIC	21
3.9 EQUIPE SEIS SIGMA.....	31
4. MATERIAL E MÉTODOS	33
4.1 DESDOBRAMENTO DE METAS	33
4.2 IPA – IDENTIFICAR, PRIORIZAR E ATRIBUIR	33
4.3 DEFINIR	34
4.4 MEDIR	34
4.5 ANALISAR.....	35
5. RESULTADOS E DISCUSSÕES	36
6. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	40
REFERÊNCIAS	41

1. INTRODUÇÃO

Com a revolução industrial, as preocupações das indústrias estavam relacionadas apenas com a produção e com o objetivo de maior lucro possível com o menor custo possível. Com essa filosofia a sociedade considerava que os recursos naturais fossem praticamente ilimitados, não se dava atenção e não havia nenhum controle relacionado ao consumo dos recursos e aos resíduos gerados, considerados com consequências necessárias. Com isso, fica evidente que os problemas relacionados ao meio ambiente não se devem ter uma tratativa isolada, mas sim de fazer com que ocorra uma sistematização, pois há uma interligação entre conhecimento, cultura e meio ambiente. (SIMÃO, 2011).

A falta de conhecimento e o manejo inadequado dos resíduos industriais fez com que muitos danos à natureza fossem propagados pelo planeta, gerando impactos negativos à saúde humana e ao meio ambiente. Devido a esses impactos normas e leis foram desenvolvidas com o intuito de controlar e prevenir os danos relacionados aos resíduos gerados. (GIL, 2005).

Com a globalização e a crescente industrialização as questões ambientais estão tomando destaque no cenário mundial atual. Normas e leis estão sendo desenvolvidas e aplicadas para o gerenciamento do controle de resíduos. Com isso, as indústrias em busca de atender as necessidades dos consumidores, procuram por ferramentas de melhoria que não sejam só relacionadas aos processos de produção como também ao meio ambiente.

Sendo assim, a interação da metodologia Seis Sigma com a ferramenta DMAIC (*define, measure, analyze, improve and control*) utilizando indicadores ambientais, durante a execução de um projeto de melhoria do processo, reduzindo também os impactos resultantes das atividades industriais sobre o meio ambiente, fazendo com que o processo possa ter mais qualidade, gastando menos recursos e com menos impactos negativos ao meio ambiente. (SANTOS, 2013).

Este trabalho tem o intuito de apresentar ações para a redução da geração de resíduos proveniente do processo produtivo de uma empresa de alimentos, através da realização de um projeto desenvolvido sobre a metodologia Seis Sigma utilizando a ferramenta DMAIC.

A metodologia utilizada foi inicialmente realizada por meio do levantamento bibliográfico das informações referentes as quantidades dos resíduos gerados na Unidade e desenvolvido um projeto com base em um DMAIC White Belt.

A revisão bibliográfica foi desenvolvida sobre os temas que envolvem a metodologia Seis Sigma, DMAIC e o Sistema de Gestão Ambiental, com o foco em melhoria do processo e nos benefícios ao meio ambiente.

Contudo, conclui-se com as informações levantadas após a aplicação das ações iniciais propostas no desenvolvimento do projeto, que foi possível apresentar de forma quantitativa os equipamentos e produtos onde será realizada algumas ações e proposto novos projetos com o intuito de diminuir ao longo do tempo a redução dos resíduos gerados.

2. OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é utilizar a técnica Seis Sigma (DMAIC) na redução de impactos ambientais negativos, com o foco em melhoria do processo e meio ambiente. Para desenvolver boas práticas ambientais, por meio de um projeto White Belt, com o propósito de reduzir os resíduos proveniente do processo produtivo de uma Indústria de alimentos, estabelecendo um procedimento para integrar os indicadores ambientais à técnica Seis Sigma, especificamente ao DMAIC. Esse processo foi utilizado para identificar em que etapas dos processos ocorrem as maiores perdas e quais produtos geram a maior quantidade de resíduo devendo ser medidas, analisadas e otimizadas. Com isso também, devem ser identificadas as ferramentas que auxiliou na identificação da variação do processo e nas melhorias ambientais. (SANTOS, 2013).

3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

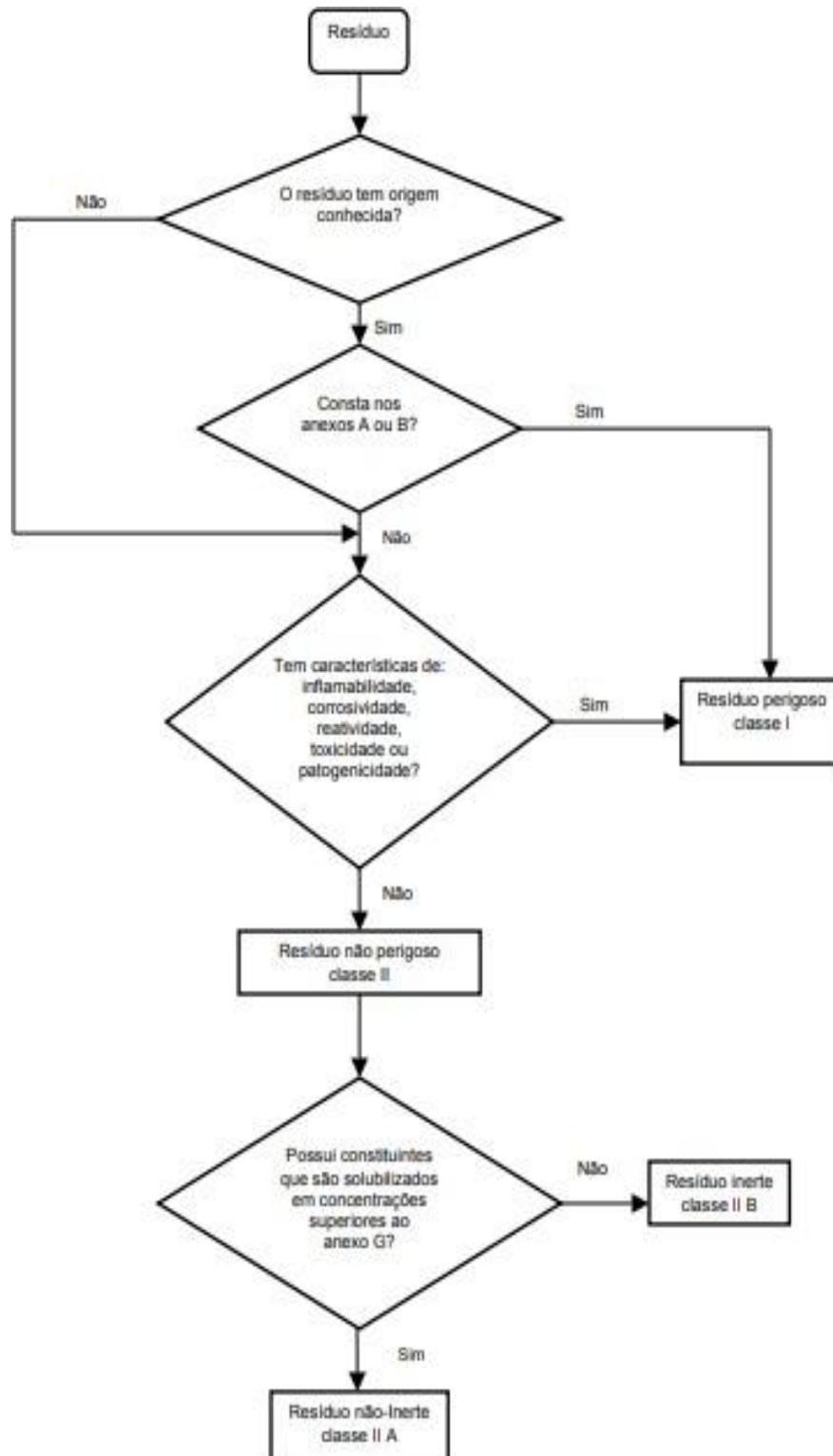
3.1 RESÍDUOS SÓLIDOS

Conforme descrito na NBR (Norma Brasileira) 10004 os resíduos sólidos são resultantes de atividades de diversas origens, como a: industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Podendo esses resíduos ser caracterizados nos estados sólido e semissólido, incluindo também o lodo resultante de sistemas de tratamento de água e determinados líquidos que não podem ser lançados na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou que, se exigido soluções técnicas e economicamente inviáveis. (Abnt, 2004a).

Para que o resíduo sólido tenha uma classificação é necessário a identificação do processo ou atividade de origem de seus constituintes, características e a comparação destes constituintes com a lista de resíduos e substâncias, onde o impacto à saúde e ao meio ambiente seja de conhecimento, NBR 10004. (Abnt, 2004a).

No Laudo de classificação a segregação dos resíduos na fonte geradora e a identificação da sua origem são partes que compõem, onde a descrição de matérias primas, de insumos e do processo que gerou o resíduo devem ser apresentados. (Abnt, 2004a).

Figura 1 - Caracterização e classificação de resíduos



Fonte: NBR 10004 (ABNT, 2004a)

Classificação dos resíduos conforme NBR 10004. (ABNT, 2004a):

- Resíduos Classe I – Perigosos: apresentam características de toxicidade, patogenicidade, periculosidade, inflamabilidade, corrosividade e reatividade. Exemplo: Embalagens contaminadas com produtos químicos.

Esses resíduos são prejudiciais ao meio ambiente, podendo afetar também a saúde se gerenciados de forma inadequada;

- Resíduos Classe II – Não perigosos:

- Resíduos Classe II A – Não inertes: têm características como combustibilidade, solubilidade em água e biodegradabilidade.

Exemplo: Resíduos orgânicos.

- Resíduos Classe II B – Inertes: são aqueles que quando colocados em contato estático ou dinâmico com a água a temperatura ambiente não muda a potabilidade da água.

Exemplo: Sucata metálica.

No contexto de legislações relacionadas a resíduo sólido, inclui a Lei nº 12.305/2010, que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), dispendo sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, incluindo como instrumentos planos de resíduos sólidos, educação ambiental, logística reversa, entre outros. (BRASIL, 2010).

De acordo com Thode Filho, Machado, Vilani, Paiva, Costa, & Marques (2015), a PNRS tem como um de seus objetivos reduzir os impactos negativos causados na gestão de geração dos resíduos sólidos, fazendo com que uma de suas ações conjuntas entre governo, empresas e consumidores seja o retorno dos resíduos gerados, logística reversa, desta forma evita que os resíduos sejam descartados em locais indevidos que possam causar diversos danos ao meio ambiente.

De acordo com Altoé & Voese (2014) o correto e eficiente gerenciamento de resíduos traz significativas reduções e ganhos as empresas, considerando que muitos dos resíduos podem ser reaproveitados de alguma maneira. Bem como a política com os 4 R(s) reduzir, reciclar, reutilizar e reeducar permitem que o resíduo tenha um destino mais adequado.

Com a revisão de bibliografia foi possível identificar que diversos profissionais de diferentes áreas, dentro da perspectiva de atuação podem desenvolver alternativas sustentáveis nos processos produtivos com o objetivo de minimizar a geração de resíduos, fazendo com que ocorra menos impactos e custos para a empresa. (SILVA, 2019; SILVA, 2019; CLEMENTE, 2019; PIERETTI, 2019).

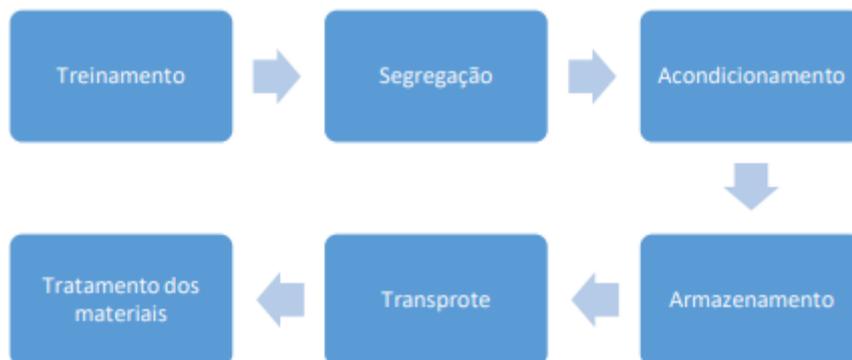
3.2 ETAPAS PARA O PROCESSO DE DESCARTE DE RESÍDUOS

Descrição das etapas do descarte de resíduos:

- Treinamento: orientação aos colaboradores sobre os danos prejudiciais do manuseio incorreto;
- Segregação: não misturar os resíduos recicláveis com os não recicláveis, e também os resíduos perigosos, que misturados podem ocasionar diversos danos;
- Acondicionamento: os resíduos devem ser acondicionados em recipientes específicos, como por exemplo: papel no coletor azul;
- Armazenagem: os resíduos devem seguir os requisitos estabelecidos (leis e requisitos internos e externos);
- Transporte: os resíduos devem ser transportados desde seu local de geração até o local de estocagem;
- Tratamento dos materiais: tem por finalidade mudar a estrutura do resíduo para transforma-lo em reutilizável.

As etapas mencionadas acima devem ser apresentadas a todos os envolvidos que terão qualquer contato com algum tipo de resíduo, a fim de orienta-los sobre os riscos da atividade, evitando assim que ocorra qualquer acidente. (SILVA, 2019; SILVA, 2019; CLEMENTE, 2019; PIERETTI, 2019).

Figura 2 - Etapas para o descarte de resíduos



Fonte: Adaptado por Simião (2011)

O aumento na geração de resíduos está relacionado com o crescimento do setor industrial, incentivando assim as indústrias a investir na melhoria dos processos para se ter também uma melhor qualidade ambiental e com isso desenvolvendo um melhor gerenciamento ambiental dos resíduos (Ferreira, Sisino, & Oliveira, 2006). O gerenciamento ambiental dos resíduos dá-se a realização das etapas da geração, segregação, acondicionamento, armazenamento, transporte e tratamento. (GRIPPI, 2001).

A falta de realização de um gerenciamento ambiental dos resíduos pode fazer com que grandes impactos ambientais ocorram na natureza. Afim de evitar os impactos é sugerido que haja técnicas de engenharia para que os resíduos ofereçam menos impacto a natureza. (SILVEIRA, 2004).

3.3 SURGIMENTO E ADEQUAÇÃO DO SEIS SIGMA

Aproximadamente nos anos 80, o CEO Bob Galvin, da Empresa Motorola, implementou uma metodologia de qualidade chama de Seis Sigma, através de um benchmarking realizado com outras Empresas, por meio de levantamentos de dados com ênfase em melhorias nos processos com o objetivo de produzir mais e gastar menos. (MORAES, 2015).

Após todo trabalho realizado a Empresa Motorola recebeu em 1988 o prêmio Malcom Baldrige National Quality Award³, com isso deu-se um avanço

na utilização da ferramenta do Seis Sigma em diversas organizações dos mais variados segmentos. (MORAES, 2015).

3.4 CONCEITO SEIS SIGMA

Seis Sigma é uma estratégia gerencial de mudanças para fazer com que ocorra um aprimoramento dos processos, produtos e serviços. O termo "Sigma" - σ (é a 18ª letra do alfabeto grego, usada pelos estatísticos para mensurar a variação de qualquer processo) mede a capacidade do processo em ser executado sem falhas, isto é, redução da variação no produto final entregue aos consumidores em uma taxa de 3,4 falhas por milhão ou 99,99966% de excelência. A performance de uma empresa é medida pelo nível sigma dos seus processos. O padrão Seis Sigma de 3,4 defeitos por milhão de oportunidades é uma resposta às expectativas dos consumidores e ao aumento da complexidade dos produtos e processos. (MORAES, 2015).

Seis Sigma baixo, 1 ou 2, corresponde as taxas de falhas extremamente elevadas e Seis Sigma alto, 5 ou 6, as taxas de falhas são extremamente raras. (MORAES, 2015).

A metodologia Seis Sigma é utilizada afim de atender as exigências dos stakeholders (partes interessadas), motivo da existência da empresa. Onde há um entendimento da causa e efeito dos problemas. (MORAES, 2015).

3.5 OBJETIVOS E VANTAGENS DO SEIS SIGMA

Fazer com que a variação dos processos seja reduzida é o objetivo da metodologia Seis Sigma, junto com o aumento do retorno financeiro. As variações que ocorrem na realização de um processo levam a um aumento de defeitos, custos e tempo. A variação dos processos deve ser considerada como uma irregularidade que deve ser reduzida constantemente, com isso "esses processos são otimizados para que não gerem defeitos e não apresentem oportunidades de erros". (SANTOS e MARTINS, 2008).

A técnica Seis Sigma é aplicável para processos técnicos e não técnicos. Sendo um processo técnico a realização de fabricação de algo. Nesse processo,

ocorre algumas entradas como: peças, equipamentos e matérias-primas. A saída normalmente é um produto final. No processo técnico, o fluxo do produto é muito visível e concreto. Com isso há muitas oportunidades para a coleta de dados e medições e em algumas situações, dados variáveis. (SLACK,1999).

Um processo não técnico quando tratado como um processo permite que seja entendido melhor e assim determinar suas características, otimizá-las, controlá-las e, assim eliminar a possibilidade de erros e falhas. No que atinge o modo de aplicação dos Seis sigmas podemos utilizá-lo das seguintes maneiras: Filosofia; Estratégia: Visão; Meta: Benchmark; Métrica e Estatística. (MORAES, 2015)

Implementar a técnica Seis Sigma em uma empresa cria uma cultura interna de colaboradores orientados em uma metodologia padronizada de caracterização, otimização e controle de processos. Se o processo tiver uma variabilidade alta, o resultado é um produto ou serviço de má qualidade, com custos altos e entrega fora dos padrões estabelecidos, com isso, não satisfazendo ao consumidor, surgem reclamações ameaçando a sobrevivência do negócio. (MORAES, 2015).

Os benefícios que as empresas obtêm ao utilizarem a metodologia Seis Sigma em seus processos são maiores, melhores e mais significativos. A variação do processo deve ser mensurada, analisada e controlada, e a forma mais eficiente de se fazer esta análise é por meio da estatística - “obtenha os dados de seu processo, transformem em dados estatísticos, resolva o problema estatisticamente, transforme os resultados em dados de seu processo”. (MARI, 1997).

3.6 MÉTRICAS DO SEIS SIGMA

A estratégia da metodologia Seis Sigma propõe o desenvolvimento de uma métrica adequada para cada situação, como por exemplo:

a. Medição: Medida para determinar o nível de qualidade. Quando o número de sigmas – “ σ ” é baixo, 1σ ou 2σ , o nível de qualidade também é baixo, caso ocorra o aumento de sigma no processo consequentemente ocorrerá uma

melhora na qualidade. Portanto quanto maior o sigma maior o nível de qualidade. (MORAES, 2015).

b. Benchmark: Usado como um parâmetro, buscado as vezes em outros locais que utilizam a metodologia, para comparar o nível de qualidade de processos, operações, produtos, características, equipamentos, máquinas, divisões e departamentos, entre outros. (MORAES, 2015).

c. Meta: Meta de qualidade. A meta da metodologia Seis Sigma é chegar o mais próximo possível de zero defeito, erro ou falha. Quanto maior o nível sigma de uma empresa, menor será a possibilidade de defeitos em um processo, produto ou serviço. (CORONADO, 2002; ANTONY, 2002; apud PENA, 2006).

d. Estatística: Estatística calculada para cada variação crítica do processo, para avaliar o desempenho em relação à especificação. (MORAES, 2015).

e. Filosofia: Conhecimento de melhoria contínua do processo e redução da variabilidade para chegar o mais próximo possível de zero defeito, erro ou falha. (MORAES, 2015).

f. Estratégia: Baseada na inter-relação do projeto de um produto, da fabricação aos defeitos identificados, como falhas nas entregas de um produto a um consumidor e o grau de influência que eles possam ter sobre sua satisfação. (MORAES, 2015).

g. Visão: Percepção para se desenvolver, se destacar e ser referência no segmento atuante. Processo ardo-o na busca da redução da variação, defeitos, erros e falhas. É estender a qualidade para além das expectativas do consumidor. (MORAES, 2015).

3.7 METODOLOGIA DMAIC

Com o propósito de obter bons resultados aos assuntos relacionados a qualidade iniciaram muitos “métodos de melhorias” para serem aplicados nos processos, cada um deles com um procedimento definido e utilizando de ferramentas clássicas da qualidade. Observando esses procedimentos, foi verificado que são baseados no método científico que tem as seguintes etapas: Observar – Medir – Analisar – Sintetizar obedecendo às regras estabelecidas. Uma das regras, “Nunca aceitar como verdadeira qualquer coisa, sem antes

conhecê-la como tal; trabalhe com evidência”, deve ser uma regra para quem quer utilizar esses procedimentos. O modelo MAIC (Medir, Analisar, Melhorar, Controlar) foi desenvolvido inicialmente como uma evolução do ciclo PDCA e depois adotado como DMAIC, em que o D significa a fase Definir. Apesar de apresentados de formas diferentes, o método está centrado na identificação dos problemas base para: escolha dos projetos, andamento do processo vigente, análise das causas raízes e melhoria nos processos. (MORAES, 2015).

Quadro 3 - Visão Geral do DMAIC

D	Define (Definir)	Selecionar as oportunidades de melhorias mais importantes	Contrato do projeto (Project charter), Métricas Seis Sigmas, gráfico sequencial, análise de séries temporais, análise econômica, estatística descritiva, QFD e mapas de fluxo de processo.
M	Measure (Medir)	Medir o desempenho atual dos desvios relacionados às oportunidades de melhoria	Avaliação do sistema de medição (MSA), box plot, folha de verificação, estratificação, diagrama de Pareto, histograma, índices de capacidade, FMEA, FTA e Métricas Seis Sigma.
A	Analyze (Analisar)	Analisar quais variáveis de entrada afetam o desempenho atual	Análise do tempo de ciclo, intervalos de confiança, testes de hipótese, análise da variância (ANOVA), multi-vari, análise de correlação, análise de regressão e planejamento de experimentos.
I	Improve (Melhorar)	Procurar e planejar soluções para eliminar ou minimizar as fontes de variação para as variáveis de entrada que afetam o desempenho atual	Matriz de priorização superfície de resposta, simulação, 5w2h, diagrama de árvore diagrama de Gantt, PERT – COM, lean, simulação e testes de mercado.
C	Control (Controlar)	Implantar ferramentas de controle para garantir a manutenção das melhorias introduzidas em longo prazo	Gráfico para controle, gráfico de controle para pequenos lotes, índices de capacidade, indicadores, Métricas Seis Sigma, Poka-Yoke, On the Job training (OJT, auditorias, padronização, planos de controle e relatórios de anomalias).

Fonte: Adaptado pelo autor de Henderson e Evans (2000); Santos e Martins (2010)

3.8 ETAPAS DO DMAIC

A primeira etapa é definir, “*Define*”, onde deve estar claramente descrito o problema, como por exemplo: a variação indesejável de um processo, que tem

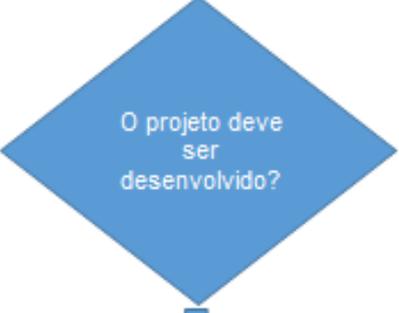
como objetivo fazer com que a variação seja eliminada ou minimizada. (ROTONDARO, 2010). Para isso os principais passos são:

- a) Definir claramente os requisitos críticos e transformar esses requisitos em características críticas, utilizando como base o histórico de dados.
- b) Definir uma equipe qualificada para aplicar as ferramentas da técnica Seis Sigma;
- c) Mapear os processos críticos e identificar os que têm relação com as características críticas, e os que estão gerando resultados insatisfatórios, como: reclamações de consumidores, número de quebras, número de ocorrências, entre outros;
- d) Realizar uma análise do custo benefício desse projeto;
- e) Compilar os dados e apresentar aos responsáveis a proposta do projeto;

Principais informações e ferramentas utilizadas nessa fase são: informações internas, dados financeiros, objetivo e meta, análise de custo benefício, priorização dos processos críticos, mapeamento dos macroprocessos prioritários e QFD, *Quality Function Deployment*, (desdobramento da função qualidade). (SANTOS, 2013).

A seguir segue as atividades e ferramentas desta fase.

Quadro 4 - Fase “Define” do DMAIC

D	Atividades	Ferramentas
DEFINE: Definir com precisão o escopo do projeto		Mapa de raciocínio (manter atualizado durante todas as etapas do DMAIC)
	Descrever o problema do projeto e definir a meta	Project Charter
	 Avaliar: Histórico do problema, retorno econômico, impacto sobre clientes/ consumidores e estratégias da empresa.	Project Charter Métricas do Seis Sigma Gráfico sequencial Carta de controle Análise de séries temporais Análise Econômico
	Avaliar se o projeto é prioritário para a unidade de negócio e se será patrocinado pelos gestores envolvidos.	
	 <div style="text-align: center;">  <p>Não → Selecionar novo projeto</p> <p>Sim ↓</p> </div>	
	Definir os participantes da equipe e suas responsabilidades, as possíveis restrições e suposições e cronograma preliminar.	Project Charter
	Identificar as necessidades dos principais clientes do projeto.	Voz do cliente – VOC (Voice of the customer)
	Definir o principal processo envolvido no projeto.	SIPOC

Fonte: Werkema (2010)

A segunda etapa é mensurar, “*Measure*”, o processo em análise será desenhado e medido em suas principais variáveis. (ROTONDARO, 2010). Para isso os principais passos são:

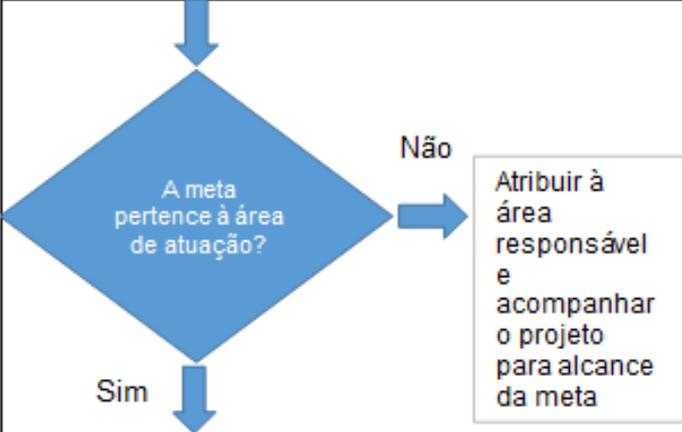
- a) Mapear o processo e subprocessos em análise, definindo as entradas e saídas. Estabelecer as relações entre a variação do processo (variável de saída) e a variável que afeta o processo (variável de entrada).
- b) Analisar o sistema de medição (MSA) e ajustá-lo às necessidades do processo.

Coletar os dados através de um sistema que garanta amostras representativas e aleatórias.

Principais ferramentas utilizadas nessa fase são: análise do sistema de medição (MSA), ferramentas estatísticas básicas e cálculo de capacidade do processo.

A seguir segue as atividades e ferramentas desta fase.

Quadro 5 - Fase “Measure” do DMAIC

M	Atividades	Ferramentas
Measure: Determinar a localização ou foco do problema	Decidir entre as alternativas de coletar novos dados ou usar dados já existentes na empresa	Avaliação de sistema de medição (MSA)
	Identificar a forma de estratificação para o problema	Estratificação
	Planejar a coleta de dados	Plano para coleta de dados Folha de verificação Amostragem
	Preparar e testar o sistema de medição	Avaliação de sistema de medição (MSA)
	Coletar dados	Plano para coleta de dados Folha de verificação Amostragem
	Analisar o impacto das várias partes do problema e identificar os problemas prioritários	Estratificação Diagrama de pareto
	Estudar as variações dos problemas prioritários identificados	Gráfico sequencial Carta de controle Análise de séries temporais Histogramas Boxplot Índice de capacidade Métricas do Seis Sigma Análise multivariada
	Estabelecer a meta para cada problema prioritário	Cálculo matemático
	<div style="text-align: center;">  <pre> graph TD A{A meta pertence à área de atuação?} -- Sim --> B[] A -- Não --> C[Atribuir à área responsável e acompanhar o projeto para alcance da meta] </pre> </div>	

A terceira etapa é analisar, “*Analyse*”, onde os dados coletados na etapa anterior são analisados, com o uso de ferramentas estatísticas e ferramentas da qualidade. Por meio dessa análise são determinadas as causas que influenciam no resultado do processo. (ROTONDARO, 2010). Para isso os principais passos são:

- a) Submeter os dados coletados às ferramentas estatísticas e da qualidade, de modo a identificar as causas óbvias e não óbvias, onde essas são variáveis de entrada do processo;
- b) Identificar a capacidade Seis Sigma do processo atual e estabelecer os objetivos de melhoria do projeto.

Principais ferramentas utilizadas nessa fase são: Teste de hipótese, FMEA, análise de variância, testes não paramétricos, correlação e regressão simples.

A seguir segue as atividades e ferramentas desta fase.

Quadro 6 - Fase “Analyse” do DMAIC

ANALYZE: Determinar as causas do problema prioritário	Analisar o processo gerador do problema prioritário (process door)	Fluxograma Mapa de processo Mapa de produto Análise do tempo de ciclo FMEA FTA
		
	Analisar dados do problema prioritário e de seu progresso gerador (data door)	Avaliação do sistema de medição (MSA) Histograma Boxplot Estratificação Diagrama de dispersão cartas "Mult-Vari"
	Identificar e organizar as causas potenciais do problema prioritário	Brainstorming Diagrama de causa e efeito Diagrama de afinidades
	Priorizar as causas potenciais do problema prioritário	Diagrama de matriz Matriz de priorização
		
Quantificar a importância das causas potenciais prioritárias (determinar as causas fundamentais)	Avaliação do sistema de medição (MSA) Carta de controle Diagrama de dispersão Análise de regressão Teste de hipóteses Análise de variância Planejamento de experimentos Análise de tempos de falhas Teste de vida acelerados	

Fonte: Werkema (2010)

A quarta etapa é implementar, “*Improve*”, onde a equipe do projeto deve atuar nas causas raízes identificadas. É nessa fase que são implementadas as melhorias no processo, nas quais a equipe interage com as pessoas que executam as atividades dentro do processo. (ROTONDARO, 2010).

Principais ferramentas utilizadas nessa fase são: DOE - delineamento de experimentos, plano de ação, manufatura enxuta e cálculo da nova capacidade processo.

A seguir segue as atividades e ferramentas desta fase.

Quadro 7 - Fase “Improve” do DMAIC

IMPROVE: Propor, avaliar e implementar soluções para o problema prioritário	Gerar ideias de soluções potenciais para a eliminação das causas fundamentais do problema prioritário	Brainstorming Diagrama de causa e efeito Diagrama de afinidade Diagrama de relações
	↓	
	Priorizar as soluções potenciais	Diagrama de matriz Matriz de priorização
	↓	
	Avaliar e minimizar os riscos das soluções prioritárias	FMEA Stakeholder analysis
	↓	
Testar em pequena escala as soluções selecionadas (teste piloto)	Teste na operação Testes de mercado Simulação	
↓		
Identificar e implementar melhorias ou ajustes para as soluções selecionadas, caso necessário	Operação evolutiva Testes de hipóteses	
↓		
		
↓		
Elaborar e executar um plano para a implementação das soluções em larga escala	5W2H Diagrama de árvore Diagrama de Gantt PERT/ COM Diagrama do processo decisório (PDPC)	

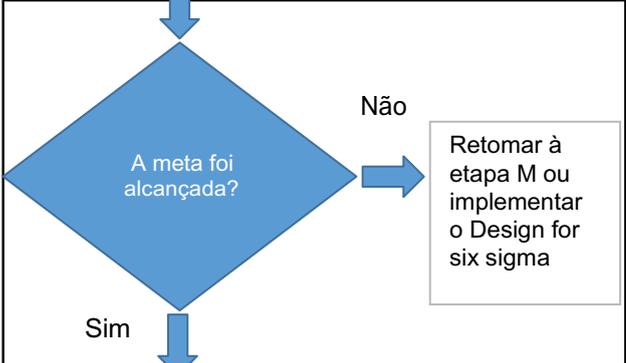
Fonte: Werkema (2010)

A quinta etapa é controlar, “*Control*”, onde deve ser estabelecido e validado um sistema de medição e controle para medir continuamente o desempenho do processo de melhoria, de tal forma que se possa garantir que a capacidade do processo seja permanente ao longo do tempo. É fundamental este monitoramento dos pontos críticos não só para garantir a capacidade do processo estabelecido, mas para indicar também possíveis melhorias futuras. (ROTONDARO, 2010).

Principais ferramentas utilizadas nessa fase são: elaboração dos novos procedimentos e instruções, padronização dos procedimentos e instruções, gráficos de controles por variáveis e atributos e CEP para pequenos lotes.

A seguir segue as atividades e ferramentas desta fase.

Quadro 8 - Fase “Control” do DMAIC

C	Atividades	Ferramentas
CONTROL: Garantir que o alcance da meta seja mantido a longo prazo	Avaliar o alcance da meta em larga escala	Avaliação de sistemas de medição (MSA) Diagrama de Pareto Carta de controle Histograma Índices de capacidade Métricas do Seis Sigma
	 <pre> graph TD A[A meta foi alcançada?] -- Sim --> B[Padronizar as alterações realizadas no processo em consequência das soluções adotadas] A -- Não --> C[Retomar à etapa M ou implementar o Design for six sigma] </pre>	
	Padronizar as alterações realizadas no processo em consequência das soluções adotadas	Procedimentos padrão Poka-yoke
	Transmitir os novos padrões a todos os envolvidos	Manuais Reuniões Palestras On the job training
	Definir e implementar um plano para monitoramento da performance do processo e do alcance da meta	Avaliação de sistemas de medição (MSA) Plano para coleta de dados Folha de verificação Amostragem Carta de controle Histograma Índices de capacidade Métricas do Seis Sigma Aud. do uso dos padrões
	Definir e implementar um plano para tomada de ações corretivas caso surjam problemas no processo	Relatórios de anomalias Out of control action plan (OCAP)
	Sumarizar o que foi aprendido e fazer recomendações para trabalhos futuros	5W2H Diagrama de árvore Diagrama de Gantt Diagrama do processo decisório (PDPC)

3.9 EQUIPE SEIS SIGMA

A implantação da metodologia Seis Sigma é realizada por uma equipe de colaboradores qualificados no tema e nos processos onde será desenvolvido os projetos. Eles devem inicialmente ser capacitados para analisar, com o objetivo de encontrar ações para a causa raiz dos problemas. A equipe atua como suporte para as mudanças que ocorrerão, aplicando e multiplicando a utilização das ferramentas de estatísticas e da qualidade no desenvolver dos projetos. (PENA, 2006).

Cada empresa desenvolve sua equipe de forma que melhor se adapte às suas necessidades, fazendo com que esse desenvolvimento seja colocado em prática não apenas em projetos, mas como na realização das atividades rotineiras. (MORAES, 2015).

Quadro 9 - A equipe Seis Sigma x atribuições

ALTA DIREÇÃO	Ocupa posição estratégica do negócio Estratégia de implantação, remoção de barreiras, alinhamento estratégico corporativo, gestão de carreiras e etc.
CHAMPION	Patrocinador de projetos Responsável final pelo projeto Suporte ao Black Belt ou Green Belt na parte técnica/ gerencial Deve prover recursos para o andamento do projeto.
MASTER BLACK BELT	Visão de processos/ estratégia/ finanças/ Seis Sigma Responsável pelo 6 σ do negócio, planta ou plantas Mentor/ Coach de Black Belt Dedicação ao projeto Seis Sigma: 100% do tempo Pré-requisito - Execução de 2 projetos Seis Sigma Treinamento de aproximadamente 100h.
BLACK BELT	Visão de processos/ estratégia/ finanças/ Seis Sigma Geralmente responsável por conduzir projetos entre áreas Pode ser mentor/ Coach de Green Belts Pré-requisito - Execução de pelo menos 2 projetos Seis Sigma Dedicação ao projeto Seis Sigma: 100% do tempo Treinamento de 80h
GREEN BELT	Visão de processos/ estratégia/ finanças/ Seis Sigma Responsável por conduzir projetos nos setores Mentor/ Coach de White Belt e Yellow Belt – se definido Execução de pelo menos 1 projeto Seis Sigma Dedicação de 20 a 40% do tempo ao projeto Treinamento de 40h
WHITE BELT YELLOW BELT	Constitui a base do Seis Sigma Responsável pelo suporte a projetos Seis Sigma Pode desenvolver projetos de melhoria simples Treinamento de 20h.

Fonte: Adaptado pelo autor de PYSDEK, Thomas e KELLER, Paul A. (2011)

Equipes que atuam na metodologia Seis Sigma realizam suas atividades em projetos que funcionam como o meio principal de desenvolver as técnicas e cumprir os objetivos da empresa, as equipes são compostas por um grupo de colaboradores que agregam conhecimento e habilidades na proposta e realização dos projetos. (MORAES, 2015).

5. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Por meio da metodologia Seis Sigma, especificamente de um projeto DMAIC White Belt está sendo possível identificar oportunidades de melhorias no processo para redução dos resíduos orgânicos gerados, reduzindo os impactos ambientais negativos através de boas práticas ambientais.

As ferramentas utilizadas até o momento do projeto são: brainstorming, gráficos sequenciais dos resíduos correspondente ao período avaliado no desdobramento de metas, alto número de apontamentos de perdas nos setores (VOC), plano para coleta de dados através da elaboração do procedimento operacional e da etiqueta de identificação, estratificação da quantidade de resíduo por produto e equipamento/ linha em conjunto com o diagrama de pareto e on the job training para orientação aos colaboradores.

- Brainstorming: Realizado com outras Unidades da Empresa, onde foi replicado o modelo da etiqueta de identificação do resíduo.

Quadro 11 - Etiqueta de identificação 1ª via

ETIQUETA DE IDENTIFICAÇÃO	
Tipo de resíduo	
Linha/ Setor	
Data da geração	
Data de envio a CRR	
Responsável pelo envio a CRR	
Tara do coletor	
Peso líquido	(Peso líquido = Peso total - Tara do coletor)
Observações:	

1ª Via: Manter no controle da CRR até a destinação final

Fonte: Autor

- Etiqueta de identificação: Para verificação da Equipe da CRR.

Quadro 12 - Etiqueta de identificação 2ª via

ETIQUETA DE IDENTIFICAÇÃO	
Tipo de resíduo	
Linha/ Setor	
Data da geração	
Data de envio a CRR	
Responsável pelo envio a CRR	
Tara do coletor	
Peso líquido	(Peso líquido = Peso total - Tara do coletor)
Observações:	

2ª Via: Destacar e enviar para o Setor SHE

Fonte: Autor

- Etiqueta de identificação: Para verificação da Equipe SHE.

Quadro 13 - Etiqueta de identificação 3ª via

ETIQUETA DE IDENTIFICAÇÃO	
Tipo de resíduo	
Linha/ Setor	
Data da geração	
Data de envio a CRR	
Responsável pelo envio a CRR	
Tara do coletor	
Peso líquido	(Peso líquido = Peso total - Tara do coletor)
Observações:	

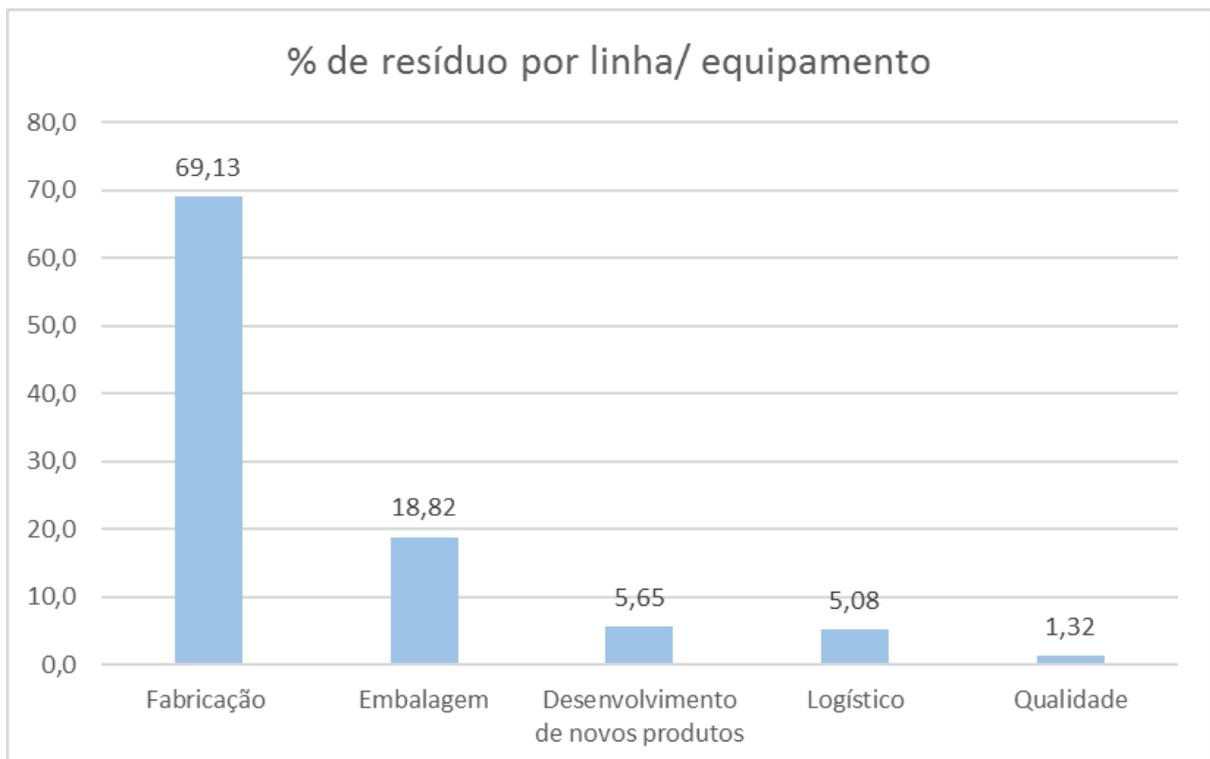
3ª Via: Destacar e manter com o Setor

Fonte: Autor

- Etiqueta de identificação: Para verificação do Setor de geração do resíduo.

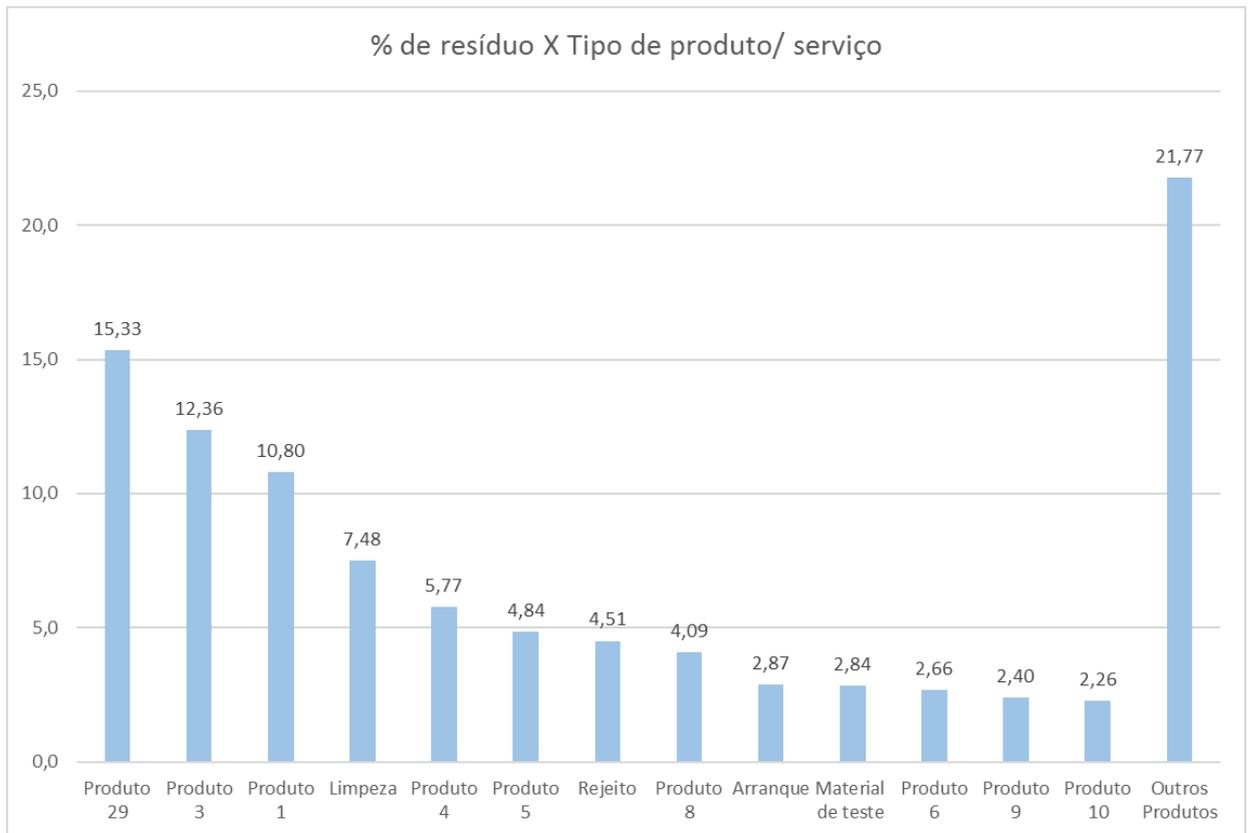
- Estratificação: Com os dados coletados nas Etiquetas de Identificação, no período de 03/06/2019 à 30/10/2019 foi possível estratificar a quantidade de resíduo por linha/ equipamento e por produto produzido/ serviço (limpeza, arranque, troca de produto, parada de linha, rejeito, entre outros).

Gráfico 14 - Porcentagem de resíduo X Linha/ equipamento



Fonte: Autor

Gráfico 15 - Porcentagem de resíduo X Tipo de produto/ serviço



Fonte: Autor

Com os resultados obtidos ao longo das etapas de definir, medir e analisar foi possível identificar os locais de maior geração do resíduo e detalhes do processo em que ocorre as maiores perdas.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O projeto ainda permanece em andamento a fim de obter mais resultados significativos, com isso para cada nova oportunidade identificada será realizado novos projetos com focos mais específicos em equipamento/ linha e produto, inicialmente otimizando os arranques, limpezas e finais de produção.

O equipamento/ linha que apresentou maior registro de descarte de resíduo orgânico foi a Fabricação, correspondendo a 69,13% do total de resíduo gerado no período. Com o objetivo de reduzir o resíduo da Fabricação, a próxima etapa do projeto será estratificar toda a geração de resíduo por equipamento.

O produto que apresentou maior registro de descarte de resíduo orgânico foi o Produto 29, correspondendo a 15,33% do total de resíduo gerado no período. Com o objetivo de reduzir o resíduo gerado na produção do Produto 29, a próxima etapa do projeto será a realização de um estudo detalhado contemplando os equipamentos por onde é o percurso do produto, a identificação da equipe participante durante o arranque e das limpezas, verificação do controle de limpeza, temperatura e os lotes das matérias primas.

REFERÊNCIAS

TUDO que você precisa saber sobre resíduos de Classe IIA e IIB. Belo Horizonte. 2018. Disponível em: <https://www.vgresiduos.com.br/blog/tudo-que-voce-precisa-saber-sobre-residuos-de-classe-iaa-e-iib/>. Acesso em: 2 nov. 2019.

COMO REALIZAR a caracterização e classificação de resíduos sólidos. [S. l.]. 2013. Disponível em: <https://www.teraambiental.com.br/blog-da-tera-ambiental/como-realizar-a-caracterizacao-e-classificacao-de-residuos-solidos>. Acesso em: 2 nov. 2019.

BRASIL. **Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010.** Institui a Política Nacional de Resíduos Sólido. Brasília, DF, 2 ago. 2010.

BRASIL. **ABNT NBR 10004:2004.** Institui a Classificação dos Resíduos Sólidos. 2004.

WERKEMA, Cristina. Introdução ao Lean Manufacturing. In: WERKEMA, Cristina. **Introdução às Ferramentas do Lean Manufacturing.** 1. ed. Belo Horizonte, MG: Werkema, 2006. v. 4, cap. 1, p. 14-21. ISBN 85-98582-04-2.

SANTOS, José Carlos da Silva. **Integração da Técnica Seis Sigma (DMAIC) com métricas ambientais para a busca de melhorias na ecoeficiência de um processo industrial.** 2013. 93 f. (Mestrado em engenharia de Produção) – Universidade Nove de Julho, São Paulo, 2013. Disponível em: <https://bibliotecatede.uninove.br/handle/tede/184>. Acesso em: 2 nov. 2019.

KRAEMER, Maria Elisabeth Pereira. Resíduos industriais e a questão ambiental associada à contabilidade aplicada ao ambiente natural. **Pensar Contábil**, Itajaí, SC, v. 7, n. 30, p. 1-14, 11 abr. 2005.

TIMOFIECSYK, Fabiana do Rocio; PAWLOWSKY, Uivald. Minimização de resíduos na indústria de alimentos: Revisão. **B. CEPPA**, Curitiba, PR, v. 18, n. 2, p. 221-236, 2000.

SILVA, Marcos Meurer da; SILVA, Luiz Guilherme Patroni Duarte da; CLEMENTE, Higor Henrique; PIERETTI, Rafael Follmann. Práticas de gerenciamento de resíduos industriais no Brasil: uma revisão da literatura. **Brazilian Journal of Production Engineering**, [S. l.], p. 251-261, 5 jul. 2019.

MISSIAGGIA, Rita Rutigliano. **Gestão de resíduos sólidos industriais.** 2002. 120 f. (Mestrado em Administração) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2002. Disponível em: <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/28692/000371738.pdf?seq>. Acesso em: 2 nov. 2019.

SILVA, L. C.; OLIVEIRA, M. C.; SILVA, F. A. **Implementação da metodologia Seis Sigma para melhoria de processos utilizando o ciclo DMAIC: um estudo de caso em uma indústria automotiva**. *Exacta – EP*, São Paulo, v. 15, n. 2, p. 223-232, 2017.

MAZZER, Cassiana; CAVALCANTI, Osvaldo Albuquerque. Introdução à gestão ambiental de resíduos. *Infarma*, [S. l.], v. 16, p. 67-77, 2004.

SANTOS, Adriana Barbosa; MARTINS, Manoel Fernando. Modelo de referência para estruturar o Seis Sigma nas organizações. *Gest. Prod.*, [S. l.], v. 15, p. 43-56, 2008.

MORAES, Dênis Adriano. Muito prazer, Seis Sigma. *Revista Organização Sistêmica*, [S. l.], v. 7, p. 159-172, 2015.