



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL DO SEMIÁRIDO
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

MATTHEUS FERNANDES DE ABREU

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DE
PARADAS NÃO PROGRAMADAS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DA
TELHA EXTRUDADA**

SUMÉ - PB

2018

MATTHEUS FERNANDES DE ABREU

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DE
PARADAS NÃO PROGRAMADAS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DA
TELHA EXTRUDADA**

Monografia apresentada ao Curso Superior de Engenharia de Produção do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Orientador: Prof. Me. Daniel de Oliveira Farias.

MATTHEUS FERNANDES DE ABREU

**APLICAÇÃO DA METODOLOGIA DMAIC PARA REDUÇÃO DE
PARADAS NÃO PROGRAMADAS NO PROCESSO DE PRODUÇÃO DA
TELHA EXTRUDADA**

Monografia apresentada ao Curso de Graduação em Engenharia de Produção, do Centro de Desenvolvimento Sustentável do Semiárido, da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

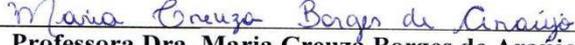
BANCA EXAMINADORA



Professor Me. Daniel de Oliveira Farias
Orientador – UAEP/CDSA/UFCG



Professora Dra. Cecir Barbosa de Almeida Farias
Examinador I – UAEP/CDSA/UFCG



Professora Dra. Maria Creuzá Borges de Araújo
Examinadora II – UAEP/CDSA/UFCG.

Trabalho avaliado em: 11 de dezembro 2018.

Dedico este trabalho a minha mãe Giselda Fernandes, que sempre esteve ao meu lado me incentivando e apoiando, serei eternamente grato por tudo que fez por mim, é responsável por tudo que me tornei e por todos os princípios que aprendi. A você todo meu amor e gratidão.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente à Deus, que me deu o dom da vida e me guiou todos os dias, mesmo aqueles que eu temia e duvidava do que seu amor era capaz. Sou grato por toda a força que me deu nos momentos de angústia e desespero. Creio que sem o seu amor nada disso seria possível.

Agradeço a minha mãe Giselda que nunca mediu esforços para me dá tudo que era possível quando estava ao seu alcance. Obrigado por ter lutado não só por você, mas por nossa família, saiba que a senhora é a fonte de toda bondade e força que me motivam a vencer, és uma guerreira, forte, e me surpreende com toda sua história, agradeço por ser seu filho todos os dias. Eu te amo!

Agradeço ao meu irmão Tiago que sempre estive ao meu lado, sempre acreditou no meu potencial, mesmo quando eu mesmo duvida de mim, sei que as discussões são frequentes, mas isso não diminui o nosso amor e nossa amizade. Desejo que sejas um grande homem, te amo!

Agradeço ao amor que encontrei para mim. Foi em Sumé que conheci a minha namorada, mais que isso, uma companheira de todos os momentos. Éramos praticamente duas crianças quando nos apaixonamos, após cinco anos saímos adultos com uma bagagem repleta de erros e acertos, mas acima de tudo uma longa experiência. Você entende meus sonhos e os abraça, sabe de todos os meus segredos e eles tornam-se seus, espero que um dia todo esse amor se transforme em um lar, uma família, inúmeras taças de vinho e muitas viagens. Te amo!

Obrigado a todos os meus amigos que intensificaram os momentos vividos nesses cinco anos, especialmente Miguel, Elyda e Laryssa, vou sentir muitas saudades de tudo que fizemos juntos. Cada um com seus defeitos e qualidades, vocês fizeram minha vida mais feliz, espero que alcancemos todos os sonhos que almejamos, amo muito vocês.

A minha avó Geralda (*in memoriam*), que sempre me perguntava como era Sumé e com quantas pessoas eu morava, sei que já não tinha mais consciência de tudo que fazia, já não tinha mais a mesma saúde quando me levava para passar as férias no sítio. Também ao meu avô Abidedon (*in memoriam*), passei tão pouco tempo com o senhor, mas já foi o suficiente para carregar muitas lembranças comigo, gostaria muito de tê-los ao meu lado.

A minha família, em especial minha tia Fátima que sempre ajudou nos momentos difíceis e possibilitou que eu tivesse uma vida mais digna, serei sempre grato pelo que fizestes por mim e por minha família, obrigado por me ajudar mesmo quando eu não pedi, apenas por

achar que era preciso, muito obrigado! A minha tia Marcia que com toda sua humildade e bondade não mediu esforços pra nos ajudar quando podia, muito obrigado por tudo! A minha tia Ana também devo toda minha gratidão, me ajudou em momentos muito difíceis. Eu serei eternamente grato a vocês.

Ao meu primo Ítalo que sempre foi mais que um amigo, obrigado por ter ajudado a traçar esse caminho, está contigo é ter a certeza que estarei sorrindo, você é um cara gente fina, e sempre vai está no meu coração. Muito obrigado!

Agradeço aos meus mestres que sempre me orientaram e me fizeram um profissional e uma pessoa mais humana. Obrigado por todas as dúvidas e todas as conversas sinceras que tivemos, agradeço por terem cruzado o meu caminho! Em especial meus professores Vanessa Batista, Cecir Almeida, Antônio Carlos e Daniel Farias, vocês são profissionais que eu admiro. Também não posso esquecer daqueles que me fizeram chegar até Sumé, meus professores Jocinha, Elania, Araci, Kênia Leila, Lili (*in memoriam*), Frank Kleber e Gilton, vocês ensinam de um jeito diferente, não é só passar conteúdo, educar é cativar, é fazer sorrir, e vocês fazem isso. Obrigado!

Agradeço a minha banca que não recuou ao convite de ajudar no desenvolvimento desse trabalho, obrigado por estarem dispostos a me corrigir e me tornar um profissional melhor e mais capacitado.

Aos meus sogros, Neguinho e Lindaci, eu caí em boas mão, obrigado por me aceitarem em sua casa e confiarem em mim, obrigado por terem me aceitado na rotina dessa família maravilhosa, admiro a união de todos vocês. Obrigado em especial a minha sogra, nunca vi alguém com tanta fé e um coração tão imenso, gostaria muito que o mundo tivesse uma pessoa igual a senhora a cada esquina, sei que ele seria bem melhor, és um ser humano iluminado e cheio de amor.

A minha cunhada Julia, cheguei em sua casa com o dever de agrada-la, pois o aval do pai só seria concedido por intermédio da sua aprovação, nessa brincadeira conheci uma pessoa gasguita, engraçada, e bruta, mas também uma menina de um coração maravilhoso, cuidadoso e admirável, você é uma pessoa do bem.

Ao meu colega Augusto Rodrigues, você é uma pessoa que qualquer um gostaria de ter como amigo, és bondoso, gentil, e muito prestativo, saiba que é uma inspiração para mim, tenho certeza que será um grande profissional. Muito obrigado por todas às ajudas que me deu ao longo do curso, espero que eu possa sempre contar contigo e que um dia possa retribuir. Muito obrigado!

Enfim, agradeço a todos aqueles que passaram pela minha vida e deixaram uma marca

de alegria, sou grato por todas as pessoas que escolhi para perto de mim.

Hoje, tenho a certeza que não há nada melhor que viver!

RESUMO

Este trabalho consiste na aplicação da metodologia DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar) no processo produtivo da telha colonial extrudada/marombada, processo que é responsável pela produção do produto carro chefe da empresa alvo do estudo, localizada na cidade de Parelhas, região Seridó do Rio Grande do Norte. Inicialmente, o estudo destinou seus esforços para caracterização da empresa e, logo após, à aplicação do DMAIC. Com a utilização da metodologia e das ferramentas da qualidade, foi possível a determinação do problema a ser estudado, em seguida, os itens que mais intensificavam as paradas não programadas foram identificados, possibilitando a priorização daqueles que tinham maior significância. A etapa analisar permitiu a identificação das causas dos itens priorizados, em seguida, foi possível o desenvolvimento de um plano de ação para reduzir o problema detectado. Por fim, a equipe do projeto traçou medidas que possibilitem o controle dos resultados que poderão ser alcançados com a implementação das ações propostas. Logo após a aplicação da metodologia a empresa reduziu significativamente as paradas não programadas, resultando em maior tempo disponível para produção, além disso, reduziu o seu quadro de funcionários devido a implantação de novos métodos para execução de tarefas e aumentou sua produção diária.

Palavras-chave: Metodologia DMAIC. Ferramentas da qualidade. Paradas não programadas. Telha colonial extrudada.

ABSTRACT

This work consists of the application of the DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve, Control) methodology in the production process of then extruded/stained colonial roof tile, a process responsible for the production of the flagship product of the company target of the study, located in the city of Parelhas, Seridó region of Rio Grande do Norte, Brazil. Initially the study aimed to characterize the company and then implement the DMAIC, composed of five stages: define, measure, analyze, improve and control. With the use of the methodology and quality tools, it was possible to determine the problem to be studied, thereon the team was able to identify the items that intensified the non-scheduled stops, enabling the prioritization of those that had greater significance. The analysis step allowed the identification of the causes of the prioritized items, making it possible to develop an action plan to reduce the detected problem; finally, the project team laid out measures that allow for the control of the results that can be achieved with the implementation of the proposed actions. Logo in the use of the moderate there are the company was better in the which are discontent programmers, which in it on the existing data available to production, beyond issuing, reduced by the data of its new methods for performing the capacity and their cresu daily.

Keywords: DMAIC methodology. Quality tools. Unscheduled stops. Extruded colonial roof tile

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Distinção dos tipos de cerâmica e os produtos derivados	19
Figura 2 - Fluxograma do processo produtivo da cerâmica vermelha	20
Figura 3 - Principais regiões produtoras de cerâmica vermelha no RN.....	24
Figura 4 - Evolução dos ganhos financeiros com a implantação do Seis Sigma	28
Figura 5 - Relação PDCA-DMAIC	29
Figura 6 - Ciclo DMAIC	29
Figura 7 - Organograma das áreas funcionais da empresa	37
Figura 8 - Operário realizando a etapa de britagem e moagem	38
Figura 9 - Alimentação, dosagem do caixão alimentador e painel controlador	39
Figura 10 - Materiais retirados da linha de produção	39
Figura 11 – Tirador de pedras	40
Figura 12 – Misturador	41
Figura 13 – Rolos laminadores	42
Figura 14 – Máquina extrusora e massa contínua já moldada e carimbada	42
Figura 15 – Rejeito da massa volta para etapa de extrusão	43
Figura 16 – Etapa de transporte da telha para secagem	44
Figura 17 – Secagem natural da telha	45
Figura 18 – Processo de arreamento da telha	46
Figura 19 – Etapa da queima nos fornos caipira	46
Figura 20 – Estocagem e expedição da telha	47
Figura 21 – Materiais retirados da máquina extrusora	57
Figura 22 – Diagrama de Ishikawa para falta de vagonetas	57
Figura 23 – Diagrama de Ishikawa para o item “BURRO”	60
Figura 24 – Desintegrador	63
Figura 25 – Croqui do POP sugerido para o arreamento e enformamento	65

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Tempo total de paradas não programadas	53
Gráfico 2 – Projeção de telhas não produzidas ao longo do tempo	54
Gráfico 3 – Diagrama de Pareto	55
Gráfico 4 – Comparação entre os tempos de paradas não programadas antes e após implementação das melhorias	66

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Carta de projeto	49
Quadro 2 – Folha de verificação de paradas não programadas	51
Quadro 3 – Análise dos cinco “porquês” para falta de vagonetas	59
Quadro 4 – Análise dos cinco “porquês” para o item “BURRO”	61
Quadro 5 – 5W2H para solução/minimização das causas elencadas	62
Quadro 6 – Relatório de investigação	67
Tabela 1 - Distribuição das cerâmicas vermelhas no Seridó potiguar	24

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

5W2H – *What? Why? When? Who? Where? How? How much?* / O quê? Porquê? Quando?
Quem? Onde? Como? Quanto?

ABCERAM – Associação Brasileira de Cerâmica

ANICER – Associação Nacional da Indústria Cerâmica

DMAIC – Definir, Medir, Analisar, Implementa, Controlar

EELA – *Programa de Eficiencia Energética en Ladrilleras Artesanales*

FIESC – Federação das Indústrias do Estado de Santa Catarina

PNP – Parada Não Programada

POP - Procedimento Operacional Padrão

SEBRAE – Serviço Brasileiro de Apoio às Micro e Pequenas Empresas

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	15
1.1 OBJETIVO GERAL	16
1.1.1 Objetivos específicos	16
1.2 JUSTIFICATIVA	17
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 CERÂMICA VERMELHA.....	18
2.2 HISTÓRICO DA CERÂMICA VERMELHA.....	21
2.3 SETOR DE CERÂMICA VERMELHA NO BRASIL	23
2.4 QUALIDADE.....	25
2.4.1 Seis Sigma.....	27
2.4.2 Metodologia DMAIC	28
2.5 FERRAMENTAS DA QUALIDADE PARA APOIO A DMAIC	30
2.5.1 Brainstorming	30
2.5.2 Histograma.....	31
2.5.3 Carta de projeto (<i>Project charter</i>).....	31
2.5.4 Folha de Verificação	31
2.5.5 Diagrama de Pareto	31
2.5.6 Diagrama de Ishikawa	32
2.5.7 5W2H.....	32
2.5.8 Cinco “porquês”	33
3 METODOLOGIA	34
4 APLICAÇÃO DO ESTUDO	37
4.1 DESCRIÇÃO DO CENÁRIO	37
4.1.1 Britagem e moagem.....	38
4.1.2 Dosagem e alimentação	39
4.1.3 Seleção de materiais indesejáveis	39

4.1.4 Tirador de pedras.....	40
4.1.5 Mistura	41
4.1.6 Laminação	42
4.1.7 Extrusão	42
4.1.8 Corte.....	43
4.1.9 Transporte das telhas para secagem	44
4.1.10 Secagem	44
4.1.11 Arreamento das telhas e inspeção.....	45
4.1.12 Queima e inspeção.....	46
4.1.13 Estocagem e expedição	47
4.2 ETAPA DEFINIR.....	48
4.2.1 Definição do problema	48
4.2.2 Definição da equipe.....	48
4.2.3 Carta de projeto	49
4.2.4 Viabilidade financeira.....	50
4.3 ETAPA MEDIR.....	50
4.4 ETAPA ANALISAR.....	57
4.5 ETAPA MELHORAR	62
4.6 ETAPA CONTROLAR	67
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	69
REFERÊNCIAS.....	71

1 INTRODUÇÃO

Com o passar dos anos ocorreram diversas mudanças no mercado que se intensificaram a partir da virada do século XX para século XXI. Diversos fatores estão diretamente ligados as intensas transformações as quais as empresas são obrigadas a conviver. Entre estes, destaca-se a globalização do mercado e o aumento expressivo da concorrência, que juntas desencadeiam medidas como a necessidade de diversificação de produtos e melhoria contínua da qualidade dos processos, produtos e serviços. Logo, as empresas do novo milênio são forçadas a buscarem novos métodos para vencer suas deficiências, afim de manterem-se competitivas no seu mercado de atuação (GUIMARÃES, 2009).

Em decorrência desses fatores destacados por Guimarães (2009), Souza *et al.*, (2008), fortalecem que essas mudanças desencadearam uma modificação nas características do mercado com a transição do cenário, particularizado pela presença de poucos fornecedores de produtos para um novo cenário repleto de novos produtores, onde estes não competem mais a nível local mas sim a nível global. A partir disso houve a necessidade de investimento em métodos que garantam a eficiência e eficácia dos processos produtivos com o objetivo de reduzir os custos e aumentar os lucros das empresas.

A partir da globalização e crescimento da competitividade destacados pelos autores, diversas técnicas e metodologias com foco na qualidade foram surgindo com o decorrer dos anos, objetivando a redução dos custos da não qualidade como forma de sobrevivência as modificações inerentes ao mercado. Dentre estes métodos, destaca-se o modelo proveniente do Seis Sigma conhecido como DMAIC (Definir, Medir, Analisar, Melhorar, Controlar), caracterizado por seguir uma sequência lógica de etapas a qual estão munidas de ferramentas que auxiliam na identificação, caracterização e resolução das causas dos problemas. A qualidade presente nestes processos é destacada por Servin *et al.*, (2012), como um fator de destaque que possibilitará a organização sobressair-se competitivamente em seu nicho de mercado.

Segundo Araujo *et al.*, (2017), a implementação de novas técnicas e métodos mais adequados podem tornar os processos produtivos mais eficientes, resultando na eliminação de desperdício e aumento da produtividade. Para isso, é fundamental a aplicação de abordagens que direcionem as organizações nessa busca. Face a isso o DMAIC torna-se uma importante e eficiente estratégia para qualquer empresa que almeje a permanência no mercado.

Perante o exposto, é percebido que a execução da metodologia DMAIC é eficiente em qualquer empresa seja ela produtora de bens ou serviços. Neste sentido, a indústria de

cerâmica vermelha é um alvo categórico, pois; seu sistema produtivo no Brasil ainda é caracterizado pela baixa capacidade de produção e enfraquecimento da rentabilidade, problemas que são ainda mais agravados pela dificuldade em aquisição tecnológica e desenvolvimento organizacional. Com relação a isso, Pauletti (2001), afirma que as indústrias deste setor deverão se reestruturar para sobreviver às inúmeras mudanças e ameaças que comprometem a sua permanência no mercado, visto que; apenas algumas delas irão sobreviver devido a capacidade de manter preços competitivos e padrões de qualidade aceitáveis.

Atualmente a indústria de cerâmica vermelha do interior potiguar experimenta a força da competitividade de outras empresas de regiões distintas, além disso, os preços da venda dos produtos não progredem de forma proporcional ao aumento dos custos como, mão de obra, insumos e impostos.

Diante do que foi exposto, o estudo visa aplicar o DMAIC no setor de produção de telhas coloniais extrudadas de uma empresa ceramista situada na zona rural do município de Parelhas, Seridó Potiguar, pertencendo ao principal polo industrial do Rio Grande do Norte, com uma produção de cerca de 63.000 milheiros/mês sendo responsável por 87% das telhas produzidas, com predominância de telhas coloniais extrudadas, e por 57% de tudo que é produzido no estado (TRIBUNA DO NORTE, 2015).

Em decorrência do que foi evidenciado anteriormente, as empresas produtoras de cerâmica vermelha da bacia seridoense necessitam de novos mecanismos para desenvolverem práticas que reduzam seus níveis de desperdício e seus custos, isso possibilitará o crescimento da sua produtividade e lucro, tornando-as mais competitivas no mercado. A utilização de ferramentas e metodologias já consagradas poderão auxiliá-las nesse processo.

1.1 OBJETIVO GERAL

Implementar a metodologia DMAIC no processo produtivo da telha colonial extrudada em uma cerâmica de pequeno porte no município de Parelhas-RN, visando a identificação das causas das paradas não programadas e posteriormente a sugestão e implementação de ações que possam sanar/reduzir o problema detectado.

1.1.1 Objetivos específicos

- Caracterizar a empresa;
- Descrever o processo produtivo da telha colonial;
- Definir o problema a ser analisado;

- Definir a ocorrência, tempo e os efeitos das paradas não programadas;
- Identificar as causas;
- Aplicar um plano de ação para sanar/minimizar os problemas;
- Desenvolver métodos para controle dos resultados.

1.2 JUSTIFICATIVA

A princípio, este trabalho se justifica devido a força econômica do setor de cerâmica vermelha para a região do Seridó potiguar, principalmente para o polo nomeado Parelhas-Carnaúba dos Dantas, onde o acirramento da concorrência com demais empresas de outros Estados, altos impostos, baixa produtividade e reclamações cotidianas dos clientes, forçam a adoção de práticas que reduzam os níveis de desperdícios.

Dessa forma, identifica-se um grave risco para empresas do setor que poderá levá-las ao encerramento de suas atividades à médio ou longo prazo, com isso, é necessário a aplicação de métodos que solucionem os problemas com relação a sua baixa produtividade. Isso deve ser feito a partir da identificação das causas dos problemas para em seguida promover modificações que garantam o resultado benéfico para a empresa, isso pode ser conduzido a partir da utilização da metodologia DMAIC, método consagrado mundialmente onde é composto por etapas e possui prazo de aplicação relativamente curto, justificando o uso do método neste trabalho. Para Carvalho e Paladini (2012), o método DMAIC é utilizado para solucionar problemas, onde as cinco fases que o compõe atuam na melhoria da qualidade dos processos, produtos e serviços.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Esse capítulo traz consigo conceitos e pesquisas que auxiliarão na formulação e entendimento do estudo e estão baseados em conteúdo proferidos por diversos autores. De início estão descritas as características da cerâmica vermelha, seu processo produtivo e em seguida um breve relato histórico sobre seu surgimento e desenvolvimento, além de dados referentes ao setor no Brasil. A importância da melhoria de processos também é descrita visto que; é fator fundamental para permanência das indústrias no mercado. Em seguida, estão descritos a importância da qualidade para as empresas e o surgimento do Seis Sigma juntamente com suas características e benefícios. Logo após, apresenta-se o método utilizado no estudo conhecido como metodologia DMAIC, seu histórico, características e etapas, e as ferramentas da qualidade utilizadas para auxiliá-lo.

2.1 CERÂMICA VERMELHA

É comum a característica avermelhada em produtos de cerâmica vermelha, a tonalidade que concede a nomenclatura “vermelha” é proveniente da presença de compostos ferrosos que desenvolvem a coloração. A cerâmica vermelha não é utilizada apenas na construção civil, ela está presente em itens de uso doméstico, como filtros e painéis de barro. Além destes, os blocos, telhas, tijolos maciços, tubos para saneamento, elementos de enchimentos (laje), *green wall*, elementos vazados e também argila expandida, são exemplos de materiais da cerâmica vermelha (SEBRAE, 2015). A Figura 1 a seguir, secciona os tipos de cerâmicas existentes e dentro de cada uma delas estão descritos os produtos fabricados, dá-se ênfase a cerâmica vermelha.

Figura 1 – Distinção dos tipos de cerâmica e os produtos derivados

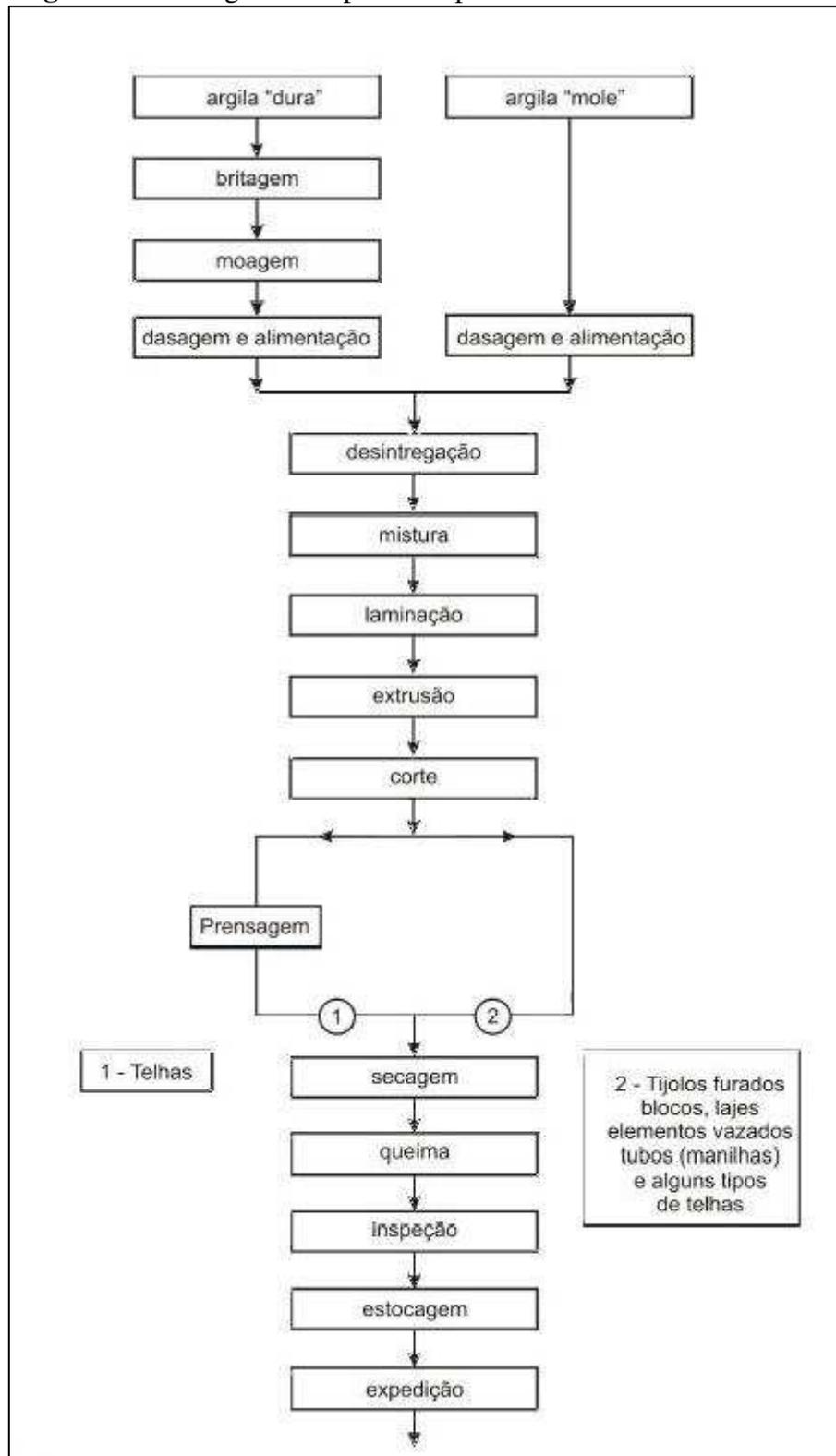


Fonte: FIESC (2014)

A argila é a matéria-prima utilizada na fabricação da cerâmica vermelha devido as suas propriedades como, plasticidade, resistência mecânica, retração linear de secagem e compactação, características essenciais para compor os materiais utilizados na construção civil, esse material é retirado de jazidas e estocado, passando por diversos processos até culminar na queima a elevadas temperaturas, logo após, os produtos são resfriados e podem ser transportados para o setor de expedição (SEBRAE, 2008).

A cadeia produtiva da cerâmica vermelha é similar em todas as fábricas, no entanto, o processo pode sofrer alterações de acordo com a função do tipo de peça, da produção e do estágio tecnológico da empresa. É frequente a quase todas as fabricantes a mecanização de seus processos, embora ainda exista a produção artesanal (SEBRAE, 2008). A Figura 2 ilustra o processo produtivo da cerâmica vermelha.

Figura 2 – Fluxograma do processo produtivo da cerâmica vermelha



Fonte: Sebrae (2008)

No processo de produção de cerâmica vermelha, é comum a presença reduzida do operário, devido a automatização, dessa maneira é possível encontrar em muitas fábricas equipamentos de última geração onde os funcionários possuem maior participação em

atividades de controle do processo, inspeção da qualidade do produto acabado, armazenagem e expedição (GORINI; CORREA, 1999).

2.2 HISTÓRICO DA CERÂMICA VERMELHA

Inicialmente, as civilizações possuíam práticas nômades locomovendo-se constantemente em busca de alimento. Desta forma era comum a ausência de moradias fixas, entretanto, ao passar dos anos o homem adquiriu o domínio da agricultura, possibilitando o surgimento de domicílios e o abandono do nomadismo. Em decorrência dessa modificação, surgiu a necessidade de moradias fixas e resistentes, desencadeando na produção de telhas, tijolos e materiais de construção para fortalece-las (LOPES *et al.*, 2010).

A cerâmica é o material mais antigo já produzido, sendo frequentemente encontrado em escavações arqueológicas, existe a cerca de dez mil anos, onde a partir de sua criação o homem substituiu os utensílios feito de pedra lascada e madeira, logo após o início das práticas de agricultura, o homem percebeu a necessidade de desenvolver vasilhas para atividades essenciais como armazenamento de água, alimentos e sementes, dessa forma, era necessário que estes fossem resistentes, impermeáveis, e de fácil fabricação, qualidades que estão presentes na argila, logo a cerâmica passou a ter outra utilidade além de servir para construção de abrigos (ANICER, 2015 *apud* SEBRAE, 2008).

O barro cozido também foi utilizado pelos povos Romanos por volta 280 a.C., para construção de telhados, objetos ornamentais, artefatos utilitários e também na fabricação de divindades, a fabricação de produtos cerâmicos foi aprimorando-se com o passar dos anos a partir do surgimento da tecnologia empregada na sua produção, resultando em peças de maior valor estético, monetário e de melhor qualidade (SEBRAE, 2008). Segundo Mitidieri Filho e Cavalheiro (1988), uma dessas tecnologias foi a primeira máquina modeladora, desenvolvida por Frederico Schlickeysen no ano de 1850, com uma capacidade de produção de 1500 peças por dia. A criação permitiu a produção de componentes cerâmicos mais flexíveis em relação a formas e tamanhos, além de peças de cerâmica vazada.

Ao longo dos anos, desencadeada pela revolução industrial a produção em massa, também foi absolvida pela indústria de cerâmica vermelha, onde foram introduzidos processos mecanizados e novas técnicas de gestão, e, a partir daí a matéria-prima, os processos e os produtos fabricados passaram a ser controlados de forma mais eficiente (ANICER, 2015).

Logo após a 2^o Guerra Mundial, a indústria de cerâmica vermelha teve um elevado crescimento a partir da fonte abundante de matéria-prima para sua concepção, além disso,

outros fatores influenciaram no desenvolvimento desse setor como a presença de fontes alternativas de energia e a tecnologia dos equipamentos industriais (MACEDO, 1997; ABCRAM, 2002).

No Brasil, os primeiros registros de cerâmica aconteceram na ilha de Marajó no Estado do Pará, onde mesmo com utensílios rudimentares os índios que habitavam a região desenvolveram uma cerâmica bem elaborada a partir da utilização de várias técnicas que resultavam em um produto superior aos da idade da pedra e do bronze, dessa forma, a tradição ceramista foi iniciada no Brasil a partir do trabalho indígena, e só a partir de 1500 com a chegada dos colonizadores portugueses o setor foi estruturado e a mão de obra concentrada no trabalho escravo, dando início a instalação das primeiras olarias em solo brasileiro (SEBRAE, 2008). A mão-de-obra escrava teve grande participação na produção de produtos cerâmicos após a chegada dos colonizadores, os negros eram forçados a trabalhar principalmente na produção de telhas, onde eram conformadas manualmente e moldadas em suas pernas (JUNIOR *et al.*, 1999).

Ainda segundo o SEBRAE (2008), por volta de 1575, telhas eram utilizadas na cobertura das residências da vila que viria a ser a cidade de São Paulo, logo a atividade ceramista começa a se desenvolver e as pequenas olarias são os primeiros passos para industrialização da cidade, todavia, a modernização ocorreu de forma lenta e a primeira grande fábrica de produtos cerâmicos no país foi instalada em 1893 na cidade de São Paulo por uma família francesa, com o nome de Estabelecimentos Sacoman Frères que foi posteriormente alterado para Cerâmica Sacoman S.A., vindo a encerrar suas atividades em 1956. Só a partir do fim do século XIX e início do XX houve a separação entre olarias e “cerâmicas”, onde esta última além de produzir telhas e tijolos como as olarias, também fabricavam manilhas, tubos, azulejos, louças, potes, talhas, dentre outros (SEBRAE, 2008).

Atualmente, após longos períodos de evolução, a cerâmica está presente como matéria-prima para elaboração de diversos elementos utilizados na construção civil, obras artísticas e até em componentes da indústria espacial devido a sua alta resistência e durabilidade (ANICER, 2015). Medeiros *et al.*, (2015), confirma que os produtos da cerâmica vermelha passaram por grandes modificações em sua fabricação e comercialização nos últimos anos, o que antes era feito de forma artesanal hoje é dotado de técnica e confiabilidade, entretanto, o autor afirma que mesmo diante de uma evolução evidente são necessárias novas adequações para implementação de melhorias.

2.3 SETOR DE CERÂMICA VERMELHA NO BRASIL

Segundo o Ministério de Minas e Energia (2016), a indústria de cerâmica vermelha no Brasil, é caracterizada pela presença de pequenas e médias empresas responsáveis por suprir a demanda da construção civil, porém, também existe uma concentração inferior de empreendimentos de grande porte. O grau de organização das fábricas no país é bastante desnivelado, apresentando pequenas empresas comandadas por núcleos familiares onde dispõe de limitada tecnologia para produção, é o caso das olarias; há também pequenas cerâmicas com grau tecnológico superior as olarias mas ainda com déficits em mecanização, maquinário, equipamento e gestão; os empreendimentos de médio e grande porte também estão presentes em território brasileiro e são detentores de altos processos tecnológicos para desenvolvimento dos produtos.

A cerâmica vermelha tem impacto significativo no desenvolvimento sócio-econômico do país a partir da geração de emprego e renda (BUSTAMANTE; BRESSIANI, 2000). No Brasil, o segmento possui significativa representatividade, são 6.903 empresas produtoras que representam 4,8% da indústria da construção civil, juntas geram aproximadamente 293 mil empregos diretos e 900 mil indiretos, além disso, possui faturamento anual equivalente a R\$ 18 bilhões com uma produção mensal em torno de 1 bilhão de telhas e 4 bilhões de blocos estruturais e de vedação (ANICER, 2015).

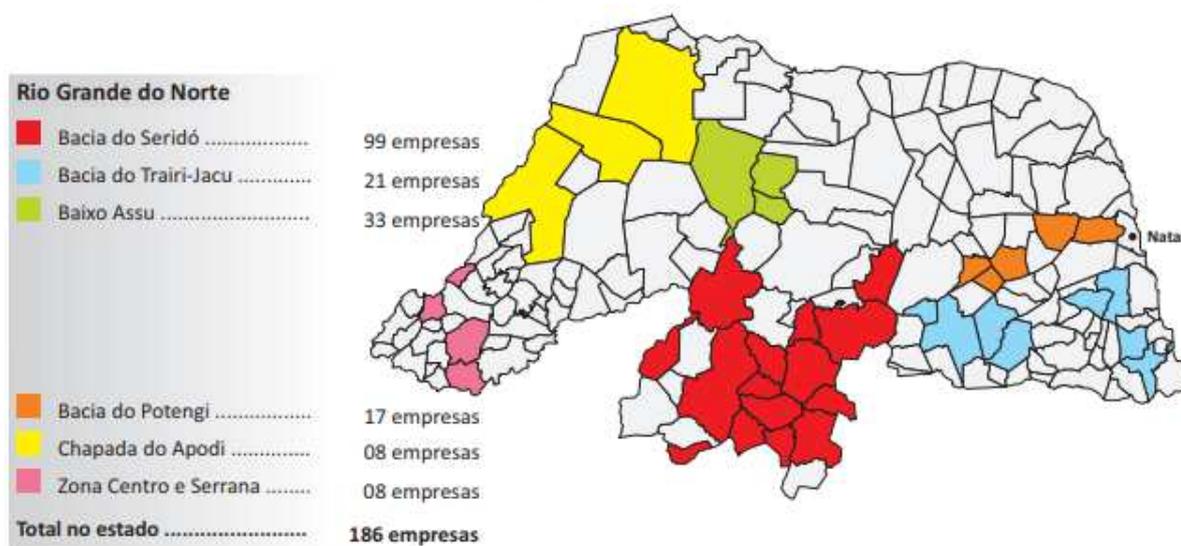
De acordo com dados do Ministério de Minas e Energia, a região nordeste é um modesto importador de produtos de cerâmica vermelha à medida que consome 22% da produção nacional enquanto produz aproximadamente 21% (BEZERRA; REINALDO FILHO, 2010). Isso pode ser sustentado a partir das afirmações de Oliveira (2011), onde o mesmo relata que a demanda por edificações e instalações industriais no Nordeste do país tem impulsionado a produção do setor de materiais cerâmicos e em especial os da cerâmica vermelha, desenvolvimento que garante a região nordeste destaque na produção nacional desse material.

De acordo com o Sebrae (2015), só o estado do Rio Grande do Norte movimenta anualmente cerca de R\$ 208 milhões com a indústria de cerâmica vermelha, a partir da fabricação de blocos de vedação, telhas, lajotas, tijolos, e outros que são produzidos pelas 186 empresas formalizadas e estão distribuídas em 42 municípios, juntas são responsáveis pela geração de 6,4 mil empregos. Atualmente são produzidas no estado cerca de 111 milhões de peças todos os meses.

Segundo Carvalho (2003), a produção de cerâmica vermelha concentra-se em 3 polos

de produção no Rio Grande do Norte, a região da grande Natal ou São Gonçalo, Vale do Açu e o Seridó. Esta última região, segundo o autor, concentra parcela significativa da produção potiguar onde é caracterizada pela fabricação de telhas coloniais extrudadas. No entanto, a maior parte dessa produção é escoada para outros estados do Nordeste e a menor parcela abastece a demanda do RN. A Figura 3 a seguir expõe as principais regiões produtoras de cerâmica vermelha no estado do Rio Grande do Norte.

Figura 3 – Principais regiões produtoras de Cerâmica vermelha no RN



Fonte: EELA (2017)

A região do Seridó está localizada no centro sul do estado, e sua importância para o setor de cerâmica vermelha é evidenciada pela quantidade de empreendimentos, são 99 empresas instaladas, 62 delas estão concentradas em 6 municípios, o setor passou por um crescimento expressivo pois; o polo seridoense detinha apenas 10 empresas ao fim da década de 80 (EELA, 2012). A Tabela 1, a seguir, evidencia os municípios seridoenses produtores de cerâmica vermelha e a quantidade de unidades empresariais por cidade, além dos tipos de produtos fabricados, suas quantidades e o número de empregos diretos.

Tabela 1 – Distribuição das cerâmicas vermelhas no Seridó potiguar

Estado/ Região/ Municípios	NUMERO DE CERAMICAS EM ATIVIDADE			
	Quantidade de cerâmicas	Tipo de produtos fabricados	Quantidade de milheiros/mês	Número de empregos diretos
Seridó	87	Telhas, tijolos e lajotas	42.587	2.804
Acari	05	Telhas	2.325	165
Caicó	04	Telhas e tijolos	1.200	96
Carnaúba dos Dantas	19	Telhas e tijolos	15.030	575
Cerro Corá	01	Tijolos	50	15
Cruzeta	06	Telhas, tijolos e lajotas	3.880	242
Currais Novos	05	Tijolos, telhas, e blocos	2.772	120
Jardim de Piranhas	01	Telha	300	20
Jardim do Seridó	06	Telha	4.110	225
Jucurutu	02	Tijolos	280	61
Ouro Branco	02	Telhas e tijolos	200	62
Parelhas	30	Telhas, tijolos e lajotas	18.690	1.060
Santana do Seridó	5	Telha	3.250	134
São Vicente	1	Tijolos	500	29

Fonte: Nascimento (2011)

A cidade de Parelhas, localizada no Seridó potiguar, é destaque estadual quando o assunto é cerâmica vermelha, é nesta cidade que está localizada uma das cerâmicas modelo do Seridó, a Cerâmica Tavares, fundada no ano de 1995. No entanto, segundo Falcão *et al.*, (2014), a cidade de Parelhas é majoritariamente constituída por pequenas olarias, o município é um dos mais antigos do Estado nas atividades de extração mineral e produção de blocos e telhas cerâmicas.

2.4 QUALIDADE

Todo processo é um percurso que diversos materiais fazem para serem modificados e ganharem status de produto final ou acabado, ou seja, processo é a transformação de entradas em saídas através de modificações que ocorrem desde sua chegada na organização até a saída com destino ao cliente (MARTINS; LAUGENI, 2002). Para Moura *et al.*, (2014), o processo é constituído por entradas de insumos que passam por um processamento e se transformam em saídas de produtos manufaturados, toda a etapa é bem definida e possui início, meio e fim.

Para manter-se no mercado de forma competitiva, muitas empresas necessitam de modificações em seus processos produtivos para evitarem desperdícios excessivos que levam ao aumento dos custos e conseqüentemente a redução dos lucros e da produtividade. Segundo Rohleder e Silver (1997), a coleta de dados é crucial para o redesenho de um processo de produção, pois ela possibilita a caracterização do mesmo, facilitando o seu entendimento e

aprimoramento. As ferramentas da qualidade são peças chave no processo de coleta de dados, pois; são capazes de simplificar a identificação de problemas e suas causas, o que facilita na implementação de soluções (BAMFORD; GREATBANKS, 2005; CARPINETTI, 2010). As ferramentas da qualidade são maciçamente utilizadas nos programas de melhoria da qualidade como a metodologia DMAIC

O conceito de qualidade existe a milhares de anos, tornando-se tão antigo quanto a história do homem, uma vez que já se fazia presente em produtos fabricados por estes desde muitos anos a.C., como a “lança” que deveria ser produzida com qualidade para a caça de peixe e outros animais, mas foi nos anos 30 do século XX que o conceito de qualidade ganhou notoriedade e logo surgiram modernas técnicas desenvolvidas por especialistas que passaram a ser conhecidos como gurus da qualidade, tais como: Deming, Juran, Crosby, Feigenbaum e Kaoru Ishikawa, todos eles foram responsáveis pelo sistema de gestão da qualidade que objetiva o aumento da produtividade, redução de desperdício e custos operacionais, tornando as empresas mais competitivas (AMORIM, 2015).

Para Walsh *et al.*, (2002), a busca pela garantia da qualidade em processos, produtos e serviços vem progredindo de forma constante nas últimas décadas, junto a isso está a necessidade em atingir elevados padrões de qualidade que as tornem competitivas em seu mercado de atuação. Ainda nesse aspecto, Francisco (2011), afirma que qualidade é um termo que já vem sendo utilizado a muito tempo e é visto como uma estratégia competitiva a fim de desenvolver a competitividade da empresa. Essa busca intensa por padrões elevados de qualidade é explicada a partir da exigência dos consumidores por melhores produtos e serviços, junto a isso, há a necessidade da qualidade inerente aos processos produtivos visando, a redução dos custos de fabricação para garantir a sobrevivência das empresas.

De acordo com Pimentel (2016), no ambiente altamente competitivo no qual as empresas estão inseridas hoje, a busca pela qualidade ganha ainda mais força, pois desenvolver produtos e processos com qualidade é um fator fundamental para enfrentar a concorrência. Ainda segundo o autor, para manter-se competitiva é necessário que as empresas disponham de práticas para melhorar o desempenho operacional, objetivando a redução dos custos e melhoria da qualidade de produtos e processos, com isso, controlar os processos internos é uma condição determinante. Seguindo essa ideia, Saremi *et al.*, (2009) afirma que para obter vantagem competitiva no mercado, as empresas devem possuir uma gestão da qualidade que tenha como finalidade a otimização da produtividade e o fortalecimento da empresa.

Para corroborar com os autores acima citados, Grael e Oliveira (2010), afirmam que os

sistemas de gestão da qualidade (SGQ), são responsáveis por proporcionar a melhoria contínua e a racionalização de projetos, processos e produtos/serviços a partir da identificação das necessidades dos clientes. Os autores ainda afirmam que as empresas estão adaptando-se ao ambiente econômico a partir de modificações em seus sistemas internos de gestão, onde são obrigadas a buscarem medidas para reduzir seus custos.

De acordo com Amorim (2015), para a implementação de filosofias da qualidade, é imprescindível a utilização de uma metodologia que oriente, de forma científica, a maneira mais correta de identificar e solucionar problemas. O autor afirma que as ferramentas da qualidade vão apoiar as empresas a alcançarem o objetivo de inserir a qualidade nos produtos/serviços e processos, pois são utilizadas com o propósito de definir, analisar, avaliar e sugerir soluções para os problemas encontrados.

2.4.1 Seis Sigma

De acordo com Coronado e Antony (2002), o método Seis Sigma foi desenvolvido na década de 80 pela MOTOROLA, onde teve sua elaboração pautada na redução de taxas de falhas dos produtos fabricados pela empresa, resumindo-se a contagem de defeitos nos produtos e no controle das variações que dificultavam a padronização do processo. Segundo Pohekar e Reosekar (2014), com os benefícios decorrente da implantação do Seis Sigma, a MOTOROLA obteve um proeminente salto em níveis de qualidade para diversos produtos, despertando o interesse de diversas empresas pelo método desenvolvido. No entanto só em 1990 o então presidente da empresa Robert Garvin, considerou o compartilhamento do Seis Sigma com o empresariado mundial que estava ciente de seus benefícios, o resultado foi a economia de mais de U\$ 100 bilhões até o ano de 2003, logo o conjunto de práticas que caracteriza o Seis Sigma tornou-se um padrão globalizada referente a garantia da qualidade nos processos (POHEKAR; REOSEKAR, 2014).

Segundo Watson (2001), o acesso de outras empresas ao Seis Sigma ocorreu na década de 90 com a aplicação das práticas por parte da General Electric, com o objetivo de reduzir a variação dos processos a partir da redução de suas causas. A implementação foi realizada pelo até então presidente da GE John F. Welch, o próprio possui papel significativo na disseminação do método para outras empresas do mundo.

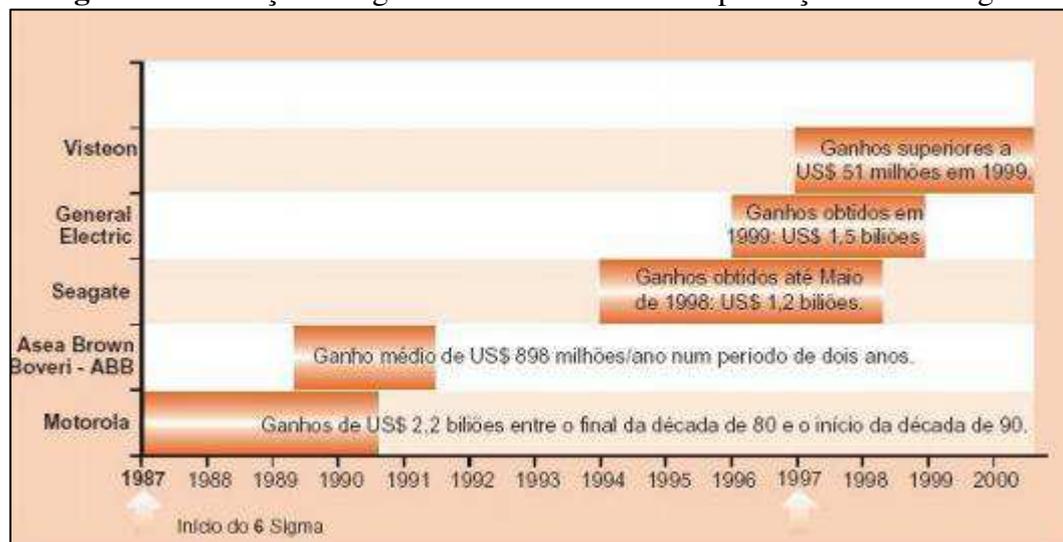
Com a intenção de ampliar o conceito de Seis Sigma para demonstrar a eficiência desta abordagem, Pande *et al.*, (2001), afirma que este é uma estratégia gerencial eficiente baseada em dados quantitativos que almejam o crescimento da lucratividade das empresas a partir da implementação de melhorias nos processos, produtos e serviços, proporcionando o

aumento da satisfação dos clientes e consumidores.

Segundo Pohekar e Reosekar (2014), a metodologia Seis Sigma possui vantagens em relação aos outros programas de melhoria da qualidade. De acordo com o autor ela permite a utilização de ferramentas estatísticas, como gráfico de controle e gráficos de Pareto, reduzindo assim questões que dificultam a divulgação das melhorias concebidas.

De acordo com Pinto (2016), a redução da variabilidade e o aumento da conformidade dos processos proporcionam resultados financeiros positivos para as empresas. Segundo Werkema (2012), empresas que adotam o Seis Sigma conseguem resultados benéficos, destacando-se os retornos financeiros para os *stakeholders*, como pode ser visto na Figura 4.

Figura 4 - Evolução dos ganhos financeiros com implantação do Seis Sigma



Fonte: Werkema (2012)

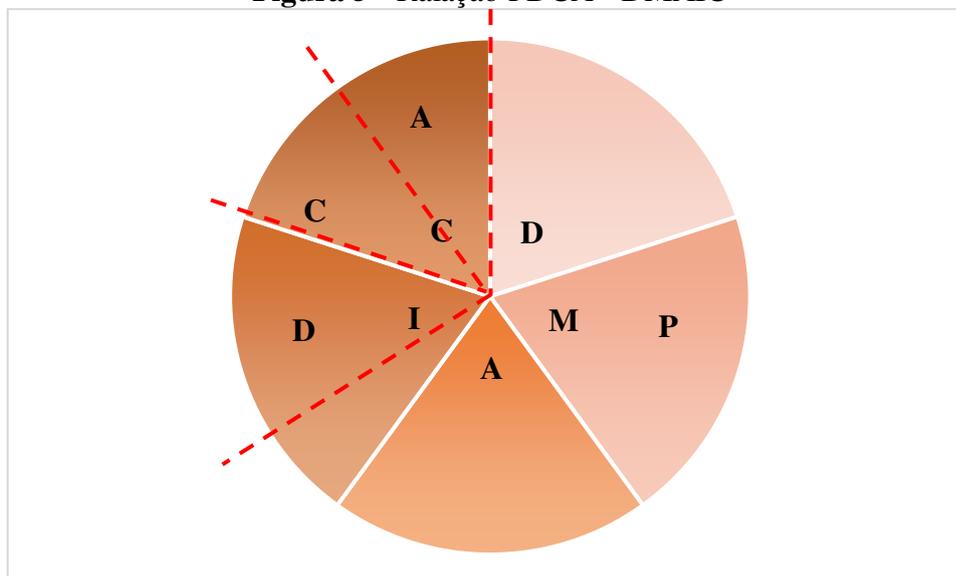
As ferramentas estatísticas são utilizadas para embasar a metodologia Seis Sigma, elas concedem suporte quantitativo e científico as práticas da metodologia, juntas estruturam um método designado DMAIC. Inicialmente as ferramentas são utilizadas para coleta e análise dos dados, os resultados obtidos serão fundamentais para as tomadas de decisões posteriores. A formulação do método DMAIC segue uma sequência lógica a partir dos dados obtidos, assim tornando-se uma metodologia eficaz no gerenciamento de projetos (SCATOLIN, 2005; SOKOVIC; PAVLETIC; PIPAN, 2010).

2.4.2 Metodologia DMAIC

Segundo Donadel (2008), essa metodologia é proveniente do Seis Sigma e é conhecida como DMAIC, sendo composta por cinco etapas: Definir, Medir, Analisar, Melhorar e Controlar, respectivamente. Ainda segundo o autor, esta e muitas outras metodologias para solução de problemas são constituídas a partir do mesmo raciocínio do ciclo PDCA (Planejar, Executar, Verificar, Agir), no qual foi introduzido por W. Edwards Deming. A Figura 5 expõe

a relação entre as duas abordagens, onde o DMAIC pode ser caracterizado como uma atualização do ciclo PDCA, com etapas melhor definidas.

Figura 5 - Ralação PDCA - DMAIC

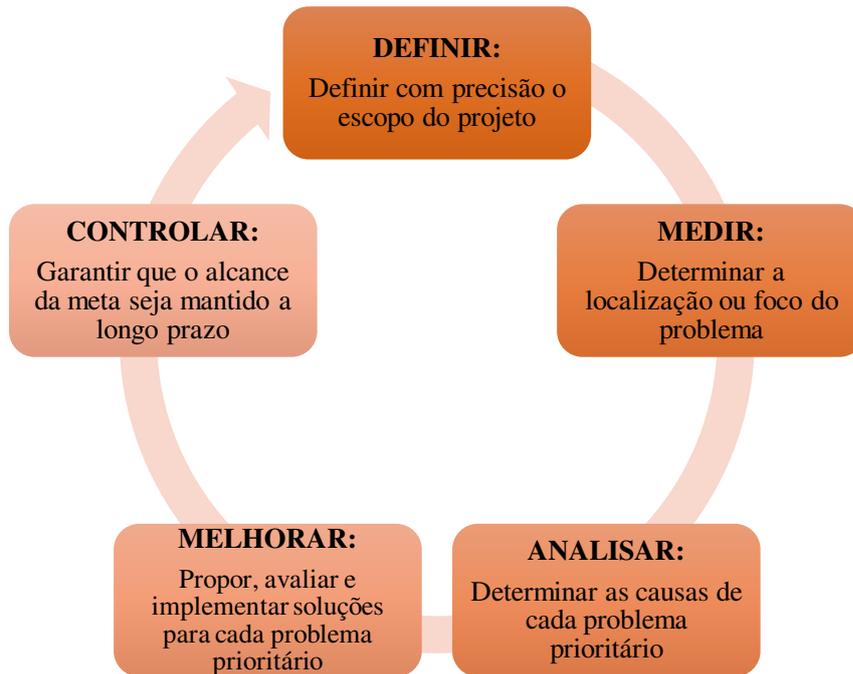


Fonte: Adaptado de Werkema (2004)

Para Reis (2011), o DMAIC é um rigoroso modelo composto por etapas nas quais emprega ferramentas estatísticas clássicas para promover a solução de problemas. É responsável por garantir uma sequência ordenada, lógica e eficaz no gerenciamento dos projetos, com o objetivo de definir os problemas e situações que serão melhoradas, realizar medições para obtenção de dados, analisar as coletas para em seguida implantar melhorias e controlar os processos. Assim, o DMAIC é uma metodologia que utiliza números e fatos reais e científicos em vez de experiência ou conhecimentos de pessoas, o que é muito comum em diversas empresas (ESCANFERLA, 2014).

Para Rotondaro (2002), a Metodologia DMAIC objetiva melhorar os processos que já existem dentro das organizações, dessa forma é uma proposta que apresenta eficácia no aumento da produtividade, redução de custos e melhoria de processos industriais e também administrativos, dentre outros benefícios.

De acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009), a primeira etapa da metodologia DMAIC é constituída pela definição dos problemas, seguida da coleta de dados reais. Em um terceiro momento esses dados poderão ser analisados e é nesse momento que a causa raiz do problema deve ser legitimada. Logo após essas etapas, os esforços serão voltados para ações que solucionem ou minimizem causas detectadas. As etapas da metodologia DMAIC podem ser melhor compreendidas na Figura 6.

Figura 6 – Ciclo DMAIC

Fonte: Adaptado de Werkema (2013)

Cada etapa do DMAIC é constituída por ações que devem ser tomadas com base na metodologia, essas ações possuem um objetivo claro, além disso, para cada um desses objetivos emprega-se ferramentas diferentes que darão suporte no desenvolvimento de cada etapa.

2.5 FERRAMENTAS DA QUALIDADE PARA APOIO A DMAIC

As ferramentas utilizadas terão papel fundamental em promover o suporte técnico e científico do trabalho, juntas elas auxiliarão e facilitarão a implantação da metodologia DMAIC, possibilitando o desenvolvimento de resultados precisos de fácil leitura e compreensão. A seguir estarão detalhadas as ferramentas da qualidade utilizadas no estudo.

2.5.1 *Brainstorming*

Para Miguel (2001), o *brainstorming* caracteriza-se pela reunião organizada de pessoas com o propósito de incentivar o desenvolvimento de ideias em torno de um determinado assunto, uma verdadeira “tempestade de ideias” que deve ser realizada com a participação de todos os envolvidos sem a presença de críticas até que sejam filtradas as melhores ideias através do diálogo. Vieira Filho (2007), destaca que essa ferramenta pode ser utilizada para a identificação de problemas ou até mesmo a causa dos problemas.

2.5.2 Histograma

O histograma é um gráfico de barras que reúne dados de uma população onde são segmentados em colunas, esta forma gráfica permite visualizar a variação dos dados sobre uma faixa específica. Esse gráfico foi desenvolvido por Guerry em 1833 com o objetivo analisar dados sobre crimes. A partir disso, essa ferramenta passou a ser utilizada para descrever os dados de diversas áreas (RENO, 2015).

2.5.3 Carta de projeto (*Project charter*)

O *Project charter* ou carta de projeto permite a interação do projeto entre o líder (facilitador) e os demais membros da equipe, e tem como propósito o estabelecimento de metas, descrição resumida do problema a ser analisado e solucionado, especificação dos objetivos, avaliação dos impactos do problema, restrições, mensuração dos riscos e definição da equipe e do cronograma, além disso ainda tem o objetivo de manter a equipe focada e em consonância com as prioridades da organização (PORTAL BANAS QUALIDADE, 2013).

2.5.4 Folha de Verificação

A folha de verificação é considerada uma das ferramentas mais simples, para Carpinetti (2012), ela pode ser utilizada para planejamento e coleta de dados do processo. Essa ferramenta deve conter todos os acontecimentos que devem ser observados e a sua frequência, sendo assim ela se consagra ao proporcionar a visualização dos processos e facilitar a identificação dos problemas, dessa forma, a folha de verificação pode ser utilizada como base para o desenvolvimento do Diagrama de Pareto.

2.5.5 Diagrama de Pareto

Segundo Dal’Cortivo (2005), o diagrama de Pareto também é denominado diagrama 20/80 em alusão ao seu princípio onde afirma que 80% dos problemas correspondem a 20% das causas. Ainda segundo o autor, a ferramenta foi desenvolvida a partir de um estudo realizado pelo sociólogo e economista italiano Vilfredo Pareto sobre a distribuição de riquezas onde a maior parte da riqueza fica na mão de poucas pessoas enquanto que, muitas pessoas concentram uma parte pequena da renda total; no entanto, foi Joseph Juran que adaptou a ferramenta a gestão da qualidade.

De acordo com Trivellato (2010), o gráfico de Pareto se constitui de barras verticais compostas pela frequência de um determinado acontecimento onde estão organizadas de forma decrescente, isso permite a priorização dos problemas.

Com o diagrama é possível identificar graficamente os elementos, suas frequências e

percentual acumulado, isso permite diagnosticar os problemas de maior impacto para a organização e logo em seguida descobrir as causas destes a partir do diagrama de Ishikawa.

2.5.6 Diagrama de Ishikawa

O diagrama de Ishikawa recebe esse nome em homenagem ao seu idealizador, o guru da qualidade Kaoru Ishikawa; possui o objetivo de mostrar graficamente as potenciais causas de um problema previamente definido. Consolidando o que foi afirmado, Roth (2011), diz que o diagrama de Ishikawa é uma metodologia que viabiliza a análise dos fatores de influência (causa) sobre um problema (efeito), assim essa ferramenta também é chamada de diagrama de causa e efeito.

A simplicidade dessa ferramenta é evidenciada por Lins (1993), o autor afirma que devido a essa grande facilidade de utilização e acessibilidade, a ferramenta pode ser aplicada de forma universal, ou seja, em qualquer área, só é preciso ter um problema a ser analisado.

De acordo com Batista e Gois (2013), existem seis tipos diferentes de causas que promovem um problema, sendo eles: método, medição, máquina, meio ambiente, material e mão-de-obra.

2.5.7 5W2H

Conforme Campos (2004) a ferramenta 5W2H é utilizada para desenvolver um plano de ação composta por etapas, tais como: *what* (o que fazer?), *why* (por quê fazer?), *how* (como fazer?), *who* (quem será responsável?), *when* (quando? estabelece o prazo para a execução), *where* (onde será realizado?), *how much* (quanto custará a execução?).

O 5W2H é uma ferramenta descrita como um checklist para Silveira *et al.*, (2016), onde ela apresenta as respostas para os problemas definidos pela organização de um projeto, possui itens que devem ser preenchidos para o seu melhor funcionamento, como: ações necessárias para atingir o objetivo, prazos definidos para início de uma ação, responsáveis, justificativas para implementação, métodos e o orçamento necessário. Segundo o autor, essa ferramenta pode ser desenvolvida através de planilhas para possibilitar o controle dos processos analisados o que também propicia a visualização dos dados de forma mais eficiente.

Para Campos (1992), essa ferramenta é desenvolvida com o auxílio do *brainstorming* onde visa a elaboração de ações com o propósito de solucionar determinado problema, essas ações devem ser direcionadas para as causas e não para o efeito. Após o desenvolvimento dessa ferramenta a equipe deve destinar-se a controlar os resultados que foram implementados a partir das ações elaboradas.

2.5.8 Cinco “porquês”

Para Aguiar (2014), os cinco porquês é uma ferramenta que permite o questionamento sobre um problema quantas vezes for necessário para identificar a sua causa raiz, o primeiro “porquê” deve conter o próprio problema previamente identificado, a partir dele serão feitos sucessivos “porquês” onde o posterior sempre estará respondendo ao anterior.

Os cinco porquês podem ser utilizados para fortalecer os resultados proporcionados pelo diagrama de Ishikawa, indo mais afundo na identificação das causas de um determinado problema, visto que, essa ferramenta força a equipe a responder a uma pergunta, a resposta será sempre uma solução para a pergunta anterior.

Todas as ferramentas destacadas nos tópicos acima foram utilizadas objetivando resultados diferentes e em momentos distintos do projeto, afim de levantar dados que pudessem solucionar o problema identificado.

3 METODOLOGIA

A pesquisa pode ser classificada em sua natureza como aplicada onde objetiva o desenvolvimento de medidas imediatas. Referente aos procedimentos técnicos adotados, a pesquisa pode ser classificada como um estudo de caso que, de acordo com Miguel (2007), parte da premissa de selecionar um determinado caso e logo em seguida elencar as técnicas necessárias para realizar a coleta dos dados. Para Eisenhardt (1989), essa coleta deve suceder-se através de entrevistas, análises documentais e investigação cotidiana do chão de fábrica, o mesmo afirma que para uma pesquisa mais aprimorada é necessário associar as informações adquiridas junto à literatura já existente.

O estudo ainda possui caráter descritivo, ao passo em que registra e descreve os fatos observados a partir de técnicas padronizadas para coleta de dados, além disso ainda pode ser classificado como exploratório devido a interpretação dos dados e investigação das causas que promovem o problema. Quanto a abordagem classifica-se como quali-quantitativa devido a coleta de dados e sua interpretação a partir de técnicas estatísticas e a fonte de onde estes dados foram retiradas, sendo o próprio ambiente de estudo base para coleta e interpretação de fenômenos.

Para enriquecimento do estudo, foram realizadas pesquisas bibliográficas a partir de jornais, revistas, artigos, teses, dissertações, livros e diversos outros meios de divulgação científica relacionados a cerâmica vermelha, sua história e números, e também a qualidade inerente aos processos, produtos/serviços, o Seis Sigma e a metodologia DMAIC.

O trabalho está estruturado em etapas, a primeira consiste na revisão literária relacionada ao tema adotado para desenvolvimento da pesquisa, tornando-se fundamental para a sua elaboração; em seguida, encontra-se a metodologia onde há a descrição de como ocorreu a execução do trabalho. Logo após a segunda etapa, ocorreu a descrição, coleta e análise dos resultados; por fim, constam as considerações finais do trabalho.

O estudo ocorreu nos meses de junho a outubro de 2018 em uma empresa do setor de cerâmica vermelha localizada na zona rural do município de Parelhas, dentro da região Seridó, o polo ceramista a qual a cidade está inserida recebe o mesmo nome da região e é reconhecido como um dos principais produtores de cerâmica vermelha do Rio Grande do Norte.

Inicialmente foi analisado todo o processo de produção da telha, observando cada etapa e buscando descreve-las e conhece-las a fundo para facilitar a identificação de possíveis problemas e simplificar a descrição do processo.

Logo em seguida, aplicou-se a primeira etapa do DMAIC: Definir. Assim foram estabelecidos alguns itens necessários para aplicação da metodologia, primeiro foi determinado qual o problema a ser analisado e estudado, logo percebeu-se que as paradas não programadas eram um entrave no aumento da produtividade da empresa; em seguida a equipe foi definida, possibilitando o desenvolvimento de uma carta de projeto contento premissas essenciais para a sua completa assimilação pelos membros da equipe, tais como: descrição do problema, especificações dos objetivos esperados, avaliação dos impactos dos problemas quando negligenciados, restrições e designação das funções da equipe, e por fim a análise da viabilidade financeira do projeto.

Na segunda etapa, Medir, ocorreu a coleta dos dados do processo de produção da telha a partir da utilização da folha de verificação, a ferramenta possibilitou a obtenção do tempo total de paradas não programadas no processo. Posteriormente, foi possível o cálculo da eficiência do processo na semana de análise, um montante equivalente a 82,6%, portanto, a ineficiência do processo é de 17,3%. Ainda se identificou a quantidade de telhas que não foram produzidas devido ocorrência de PNP's – Paradas Não Programadas, esse valor também foi estimado ao longo do tempo. Por fim, foi aplicado o diagrama de Pareto que possibilitou a priorização de dois itens, também chamados de efeitos, sendo falta de vagonetas e o “BURRO” responsáveis por 80% do problema detectado. É importante destacar que este último item é qualquer problema relacionado a matéria-prima que cause a parada não programada da extrusora, materiais como: pedaços de madeira, raízes, metal, ou qualquer outro material impede a passagem da massa contínua de argila e caracteriza o “BURRO”. Essa nomenclatura foi utilizada no trabalho porque é dessa forma que este item é chamado pelos funcionários da empresa.

Na etapa Analisar, a equipe despendeu seus esforços na identificação das causas dos dois efeitos priorizados, para isso foram utilizadas ferramentas da qualidade como o *brainstorming* e o diagrama de Ishikawa, ambos utilizados duas vezes, uma para o efeito falta de vagonetas e a segunda para o efeito “BURRO”. Devido à facilidade de aplicação dos 5 “porquês”, optou-se pela sua utilização para possibilitar uma melhor identificação das causas; novamente essa ferramenta foi utilizada duas vezes, uma para cada efeito priorizado.

Após identificar as causas de cada efeito, a equipe do projeto passou para a penúltima etapa da metodologia DMAIC, a etapa Melhorar. Essa etapa se consolidou com a elaboração de um plano de ação a partir da ferramenta da qualidade 5W2H para solução/minimização das causas elencadas. Entre as ações de melhoria desenvolvidas está a aquisição de um equipamento específico para trituração da matéria-prima visando eliminação do “BURRO”, e

um POP – Procedimento Operacional Padrão, para as tarefas de arreamento e enformamento das telhas. Após as implementações, houve uma nova aferição das paradas não programadas através da folha de verificação, possibilitando a visualização da redução dos tempos perdidos com esse problema.

Por último, foi realizada a etapa de controle, caracterizada pelo desenvolvimento de práticas e medidas que almejem o controle dos resultados alçados a partir das melhorias. No estudo a equipe definiu como caminhos de controle a utilização de ferramentas como: folha de verificação, cartas de controle da produção e relatórios de investigação. Essas medidas possibilitaram o monitoramento eficiente do processo de produção da telha.

É importante destacar que a equipe do projeto optou pela padronização dos documentos para que sejam reutilizados em novos projetos e continuem em uso na etapa de controle, como a folha de verificação e o relatório de investigação.

Por fim, destaca-se as considerações finais onde foram abordadas discussões adicionais como o destaque aos resultados alcançados com a utilização da metodologia DMAIC, responsável por orientar a equipe em etapas que culminaram na identificação das paradas não programadas. É necessário salientar a importância da utilização das ferramentas da qualidade para à coleta e análise de dados obtidos e formulação de um plano de ação que possa minimizar os efeitos do problema evidenciado.

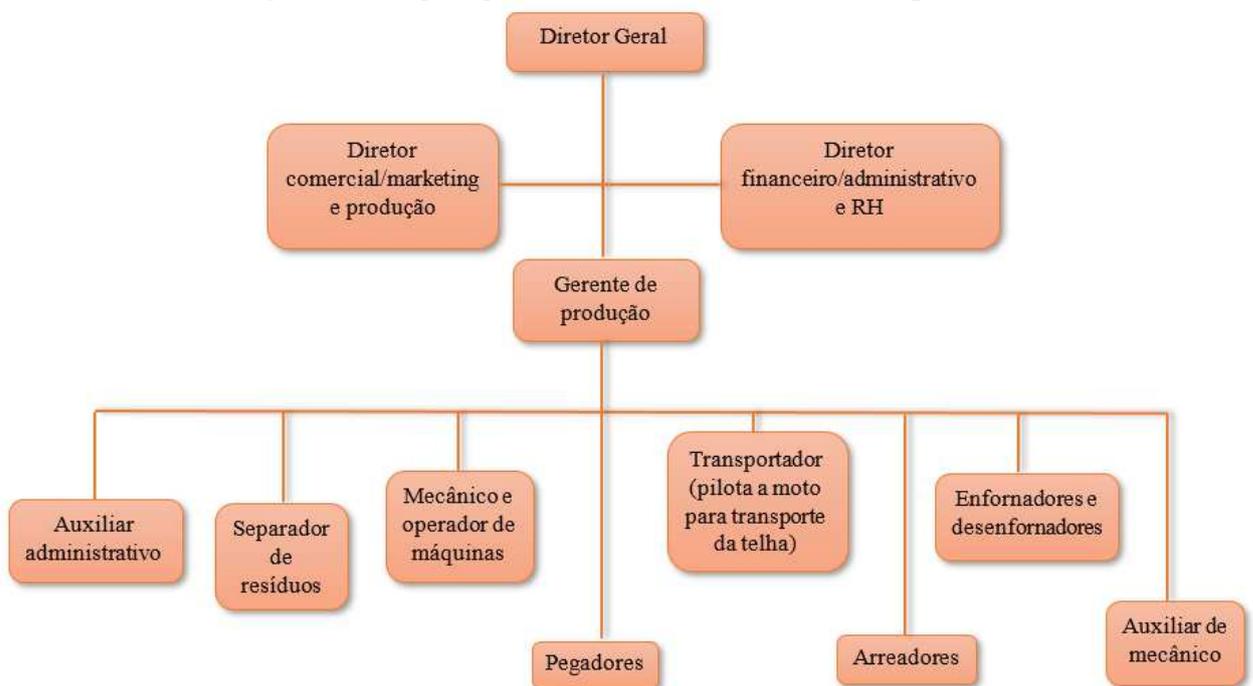
4 APLICAÇÃO DO ESTUDO

4.1 DESCRIÇÃO DO CENÁRIO

O estudo foi desenvolvido em uma pequena empresa produtora de cerâmica vermelha, fundada por uma tradicional família parelhense no ano de 2012 e situada na zona rural do município de Parelhas-RN. Os produtos fabricados são: bloco de vedação, bloco de vedação extra, telha colonial extrudada/marombada e telha extra. O mercado consumidor da cerâmica está concentrado na região nordeste, principalmente os estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Sergipe. A concorrência do setor na região é bastante acirrada visto que, Parelhas e cidades vizinhas são conhecidas pela elevada produção de cerâmica vermelha proveniente de diversas empresas instaladas na região, o que obriga os empresários a buscarem formas de se destacarem perante seus concorrentes.

Por ser uma cerâmica de pequeno porte a organização do trabalho não é tão bem definida, um empregado pode realizar mais de uma tarefa, logo, à empresa é composta por poucas áreas funcionais, são 26 funcionários compondo a força de trabalho.

Figura 7 – Organograma das áreas funcionais da empresa



Fonte: Autor (2018)

A grande parte dos funcionários não possui ensino fundamental completo, uma parcela um pouco menor é composta por não concluintes do ensino médio, apenas o auxiliar administrativo e os diretores conseguiram concluir o ensino superior. Todos os funcionários receberam treinamento ao iniciarem suas atividades e apenas 3 dos 26 estão desde a fundação

da empresa.

Em um patamar de industrialização das empresas da região, a cerâmica estudada apresenta nível mediano em tecnologia, composta por maquinário eficiente como a extrusora à vácuo, misturador, laminador, e vagonetas, este último foi crucial para o aumento expressivo da produtividade da cerâmica e redução de força de trabalho, possibilitando à empresa maior capacidade de competição visto que, diversas unidades ceramistas do polo Seridó ainda não possuem vagonetas, dessa forma, o produto é seco no chão do pátio, acarretando elevadas perdas por transporte e má qualidade. Além disso, a ausência dos carrinhos que transportam e acomodam as telhas no processo de secagem elevam a quantidade de mão de obra. Cada vagoneta da empresa comporta 504 telhas, os tijolos são transportados através de outro carrinho, todos são tracionados por uma moto a qual o funcionário que a pilota é responsável apenas por essa operação.

A produção da telha colonial extrudada segue o mesmo processo presente em diversas outras empresas do setor, no entanto, há pequenas modificações presente na produção devido a realidade tecnológica da empresa.

4.1.1 Britagem e moagem

Na etapa de britagem e moagem a argila é quebrada em partes menores com auxílio de um trator próprio da empresa, isso deve ser feito para que as dimensões dos “torrões” de argila sejam compatíveis com as dimensões do caixão alimentador e haja uma melhor homogeneização da matéria-prima. A Figura 8 mostra o funcionário operando o trator na etapa de britagem e moagem para então levar a argila até o caixão alimentador.

Figura 8 – Operário realizando a etapa de britagem e moagem



Fonte: Autor (2018)

4.1.2 Dosagem e alimentação

Nessa etapa, ocorre a alimentação do caixão alimentador com a argila que deve ser transportada pela esteira para os próximos estágios do processo. O controle da quantidade de matéria-prima que entra na esteira é feito através do caixão que é comandado por um trabalhador específico. A umidade da massa deve ser rigidamente controlada pois, excesso ou ausência de água tem impacto negativo no decorrer da produção. A Figura 9 traz a estrutura que compõe o caixão alimentador e o transporte da matéria-prima pela esteira após a dosagem.

Figura 9 – Alimentação, dosagem do caixão alimentador e painel controlador



Fonte: Autor (2018)

4.1.3 Seleção de materiais indesejáveis

Essa etapa é caracterizada pela presença de um funcionário que permanece sentado ao lado da esteira e é responsável por retirar da linha de produção materiais que são indesejáveis no processo, ou seja, todos os materiais que atrapalham a fabricação das telhas, tais como: madeira, galhos, metal, barro endurecido, pedras, dentre diversos outros materiais que podem estar presentes na matéria-prima. No entanto, é frequente a passagem desses materiais que não são retirados antes de entrarem na extrusora, o que possibilita a ocorrência do “BURRO”. A Figura 10 indica algum desses materiais que são retirados do processo e colocados em carrinhos.

Figura 10 – Materiais retirados da linha de produção



Fonte: Autor (2018)

O barro endurecido volta para o estoque de argila, onde passará novamente pelas etapas que o reduziram de tamanho, já os galhos e outros materiais são jogados em um terreno pouco afastado da empresa.

4.1.4 Tirador de pedras

As pedras ou pedaços maciços de barro que passam pela seleção manual são retirados nessa etapa, a máquina que realiza essa operação é localizada acima do misturador e tem papel fundamental no processo, pois, as pedras ou pedaços de barro com dimensões elevadas podem danificar alguma máquina levando à parada não programada da produção e à manutenção corretiva. A Figura 11 identifica a exata localização do tirador de pedras, e as pedras que são expelidas para fora da linha de produção acumulando-se abaixo da máquina de onde são retiradas toda semana pelos funcionários.

Figura 11 – Tirador de pedras



Fonte: Autor (2018)

4.1.5 Mistura

A mistura é feita através de duas longas hélices que compõem o misturador, como pode ser parcialmente visto na imagem à direita. Essas facas circulares cortam a argila e ajudam a controlar a umidade e homogeneizar a massa. O misturador localiza-se logo abaixo do tirador de pedras, como exposto na Figura 12.

Figura 12 - Misturador



Fonte: Autor (2018)

4.1.6 Laminação

A argila é compactada em pequenos aglomerados laminados, essa etapa é fundamental no processo de produção da telha pois, reduz a quantidade de ar presente na massa, logo ela torna-se mais densa, possibilitando uma maior eficiência no processo de extrusão. O laminador é formado por dois rolos laminadores como mostra a Figura 13.

Figura 13 – Rolos laminadores



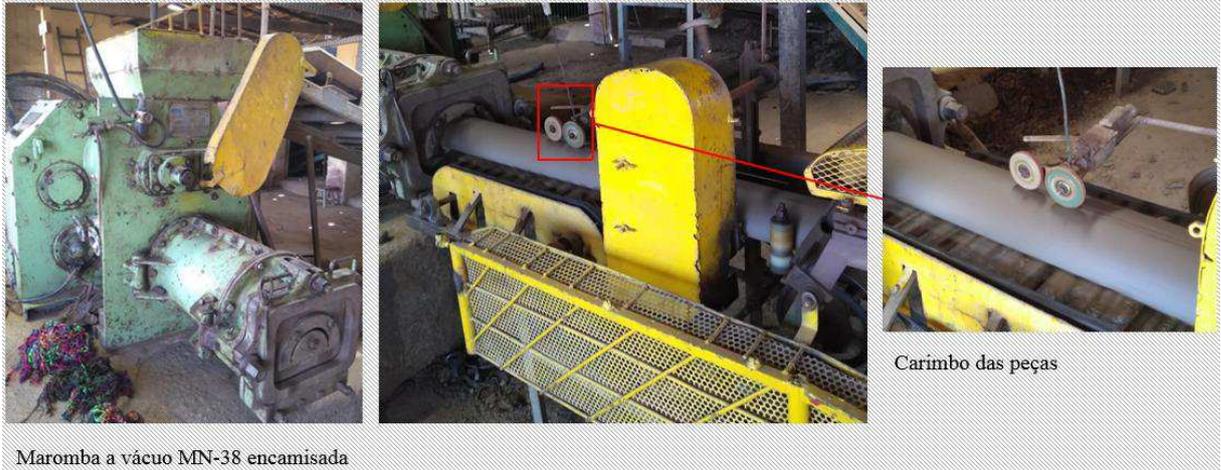
Fonte: Autor (2018)

A esquerda estão os rolos ainda não montados e a direita estão os rolos em pleno funcionamento, eles são responsáveis por comprimir a massa. As setas vermelhas ilustram a direção de cada rolo laminador.

4.1.7 Extrusão

Na extrusão, a massa já laminada movimentada-se pela esteira até a extrusora ou maromba onde entra por meio da cavidade superior da máquina que possui uma câmara à vácuo para facilitar a retirada de ar da argila, por fim, a massa é empurrada continuamente por uma helicóide contra o molde, formando uma longa massa contínua já moldada que é imediatamente carimbada por duas fitas de borracha colada em dois rolamentos, logo após, a massa adentra o carrinho cortador onde acontece a etapa do corte.

Figura 14 – Máquina extrusora e massa contínua já moldada e carimbada



Maromba a vácuo MN-38 encamisada

Fonte: Autor (2018)

4.1.8 Corte

Após a extrusão ocorre o corte da massa de forma automatizada, esse último procedimento é feito a partir de um fio metálico bem esticado com o objetivo de dimensionar a peça, assim a massa passa de um longo corpo contínuo para o produto semiacabado, a telha “crua”. Os acabamentos realizados nessa etapa também produzem rebarbas que voltam para a etapa de extrusão através de uma esteira, como pode ser visualizada na Figura 15, onde as setas servem para indicar a movimentação da esteira. Tudo que cai no pátio da linha de produção é recolhido e volta ao estágio inicial do processo.

Figura 15 – Rejeito da massa volta para etapa de extrusão



Rebarbas após a etapa de corte

As rebarbas são transportadas até a cavidade da extrusora

Fonte: Autor (2018)

4.1.9 Transporte das telhas para secagem

Após o corte da massa, as telhas são transportadas pela esteira até serem colocadas nas vagonetas pelos quatro pegadores, dois ao lado esquerdo e dois ao lado direito da esteira, a quantidade de vagonetas pode variar entre quatro e seis unidades para carregamento. A movimentação das vagonetas pela linha de produção é realizada por um funcionário dedicado apenas a esta tarefa, após o preenchimento dos dois lados do carrinho outro funcionário o transporta para o setor de secagem onde irá permanecer por 24 horas. A Figura 16, ilustra a localização das vagonetas ao lado da esteira, em seguida os pegadores realizando sua tarefa que consiste em apanhar a telha e posiciona-la no carrinho, após o preenchimento do mesmo, outro funcionário encaixa a vagoneta na moto e a transporta até o pátio.

Figura 16 – Etapa de transporte da telha para secagem



Fonte: Autor (2018)

4.1.10 Secagem

Nessa etapa, o funcionário retira as vagonetas da linha de produção e as leva para secar de forma natural no pátio da empresa ou sob o abrigo de um teto, o que é bastante utilizado em períodos chuvosos pois, nessa etapa o material ainda não pode receber umidade excessiva. A telha que anteriormente era depositada no chão do pátio, agora seca ainda de forma natural, mas dentro das vagonetas passando cerca de 24 horas até serem novamente transportadas até os fornos. A secagem é uma etapa muito importante na fabricação de produtos de cerâmica vermelha, a ausência ou presença de água de forma excessiva pode danificar o produto ou comprometer sua qualidade. A Figura 17 abaixo expõe o método de

secagem natural de telhas utilizado na empresa estudada.

Figura 17 – Secagem natural de telhas



Fonte: Autor (2018)

4.1.11 Arreamento das telhas e inspeção

Após a secagem as vagonetas são levadas para à lateral dos fornos onde seis funcionários são responsáveis por retirá-las dos carrinhos, tarefa conhecida dentro da empresa como arreamento das telhas. No decorrer dessa tarefa os funcionários retiram as que apresentam alguma imperfeição e as colocam um pouco afastadas do carrinho, as demais são arreadas e colocadas no chão encostadas a vagoneta, logo em seguida são postas em carroças e levadas para dentro dos fornos. As que apresentaram imperfeição são recolhidas e colocadas em uma carroça maior onde serão despejadas no início do processo para serem recolocadas no caixão alimentador. Ao final dessa etapa do processo, as vagonetas são levadas novamente para a linha de produção, dessa forma, elas só voltam para serem preenchidas quando já foram completamente esvaziadas e as telhas não estão mais encostadas em sua base.

É importante destacar que a extrusora produz 120 telhas por minuto que devem ser armazenadas nas vagonetas, a velocidade a qual os pegadores realizam sua tarefa é determinada pela própria máquina, ao contrário do que ocorre no arreamento das telhas onde os funcionários realizam sua tarefa da forma que acham conveniente, no entanto isso reflete drasticamente na produção pois, é comum que o processo produtivo pare devido à falta de

vagonetas que estão ociosas ao lado dos fornos, sejam elas preenchidas de telhas ou servindo de apoio para as mesmas. Todo esse processo pode ser visualizado na Figura 18, onde ilustra como acontece toda a etapa de arreamento da telha.

Figura 18 – Processo de arreamento da telha



Fonte: Autor (2018)

4.1.12 Queima e inspeção

As peças são levadas para os fornos onde são cozidas através de elevadas temperaturas que variam entre 900 à 1000°C. O forno utilizado pela cerâmica é o caipira, comparado a outros fornos, possui uma eficiência baixa, o que diminui a capacidade de competitividade, além disso, emite muitos gases derivados da queima, o que é um problema bastante combatido atualmente e um obstáculo para a empresa devido leis ambientais e resistência de clientes a consumir produtos derivados de uma produção não ecologicamente correta. Após a queima, as telhas permanecem nos fornos para diminuir sua temperatura, a inspeção ocorre após a sua retirada onde são verificadas manualmente para separar os produtos com algum tipo de imperfeição, tais como: trincas, rachaduras, telhas tortas, excessivamente queimadas, dentre outros defeitos. A Figura 19 mostra o processo de queima das telhas coloniais marombadas em fornos caipira.

Figura 19 – Etapa da queima nos fornos caipira



Fonte: Autor (2018)

4.1.13 Estocagem e expedição

Os produtos que não apresentam problemas estruturais são separados em carrinhos e seguem para o estoque de produto acabado que se localiza no próprio pátio da empresa. O produto costuma sair para ser entregue aos consumidores através de caminhões fretados. A Figura 20 ilustra o transporte do produto final para a área de estoque e o carregamento de um veículo realizado pelos funcionários após a venda dos produtos.

Figura 20 – Estocagem e expedição da telha



Fonte: Autor (2018)

4.2 ETAPA DEFINIR

4.2.1 Definição do problema

Inicialmente, identificou-se a necessidade de agir com o objetivo de promover o aumento da produtividade, logo, foi utilizada a ferramenta *Brainstorming* com a presença da diretoria, gerente de produção e auxiliar administrativo, pois; estes funcionários estão diretamente ligados ao controle do que é produzido, logo, estão sempre à procura de métodos e melhorias que possibilitem maior produtividade e lucro. Com isso, houve o consenso em reduzir as paradas não programadas do processo produtivo das telhas coloniais extrudadas, carro chefe da empresa.

4.2.2 Definição da equipe

Com o objetivo de desenvolver de forma mais fácil a implementação da metodologia DMAIC, identificou-se a necessidade de promover uma discussão sobre qualidade, a metodologia aplicada e os seus benefícios com a diretoria, auxiliar administrativo e gerente de produção, dessa forma, a equipe responsável pelo desenvolvimento do projeto ficou resumida a presença de quatro pessoas ligadas à empresa e o facilitador, responsável por conduzir o projeto. Todos os envolvidos estão cientes de suas obrigações e responsabilidades em

contribuir para a redução das paradas não programadas.

4.2.3 Carta de projeto

A carta de projeto foi utilizada para facilitar a assimilação e identificação visual e acessível para os membros da equipe. O documento utilizado foi padronizado para que possa ser empregado em outros projetos e pode ser visualizado no Quadro 1 a seguir.

Quadro 1 – Carta de projeto

Carta de projeto			
Nome do projeto	Implantação da metodologia DMAIC para redução de paradas não programadas da produção da telha colonial extrudada	Preparado por	Equipe de projeto
Cliente	Contato	Data de preenchimento	
		03/06/2018	
Descrição do problema			
As paradas não programadas da produção de telhas coloniais extrudadas foram elencadas como um dos principais problemas que afetavam a produtividade e capacidade de competição da empresa. Consequentemente, esse problema aumenta os custos e a torna menos competitiva já que não consegue produzir utilizando sua capacidade total de produção. As máquinas paradas significam menos produtos produzidos, logo menor produtividade, lucro e aumento dos custos.			
Especificação de objetivos			
Identificação dos problemas; Identificação das causas dos problemas; Redução das paradas não programadas; Aumento da produtividade.			
Avaliação dos impactos do problema			
A negligência em relação ao problema analisado poderá levar a empresa a obter elevados custos de produção, redução na produção de telhas, não atendimento a demanda do mercado consumidor, altos índices de ociosidade devido a parada das máquinas, redução da margem de lucro, perdas de produtos semiacabado, e à longo prazo o encerramento de suas atividades			

por falta de capacidade de competir com o forte mercado da região.		
Restrições		
Baixo investimento para financiar as medidas propostas.		
Designação do facilitador e da equipe		
Equipe: Diretor comercial/marketing e produção, diretor financeiro/administrativo e RH, auxiliar administrativo e gerente de produção;		
Facilitador: Mattheus Fernandes de Abreu.		
Riscos		
Não foi identificado nenhum risco		
Cronograma		
Conhecer o processo produtivo da telha	2 semanas	
Etapa DEFINIR	2 semanas	
Etapa MEDIR	1 semana	
Etapa ANALISAR	4 semanas	
Etapa MELHORAR	8 semanas	
Etapa CONTROLAR	2 semanas	

Fonte: Autor (2018)

4.2.4 Viabilidade financeira

Antes da implantação da metodologia foi feita uma análise financeira para identificar o custo envolvendo a realização do projeto, logo, foi identificado que a definição dos problemas, causas, apanhado de dados, sugestões de melhoria e a própria equipe não gerariam custos adicionais a empresa, logo ela tende a ganhar com o projeto. As implementações de melhorias não entraram no cálculo da viabilidade financeira.

4.3 ETAPA MEDIR

A Equação 1 demonstra o tempo em minutos disponíveis para produção de telhas na semana de coleta dos dados, considerando que a empresa trabalha em 2 turnos de 4h cada, todos os dias, apenas no sábado a empresa disponibiliza de 4h, portanto 1 turno. Em dois dias

verifica-se que foram gastos em torno de 77 minutos e 103 minutos para produção de tijolos, além disso a coleta também aconteceu em um sábado, dia em que a empresa possui 225 minutos disponíveis para produção de telhas, esses valores refletem no cálculo pois, no trabalho foram utilizados apenas os valores referentes a produção da telha.

(1)

$$TD = (480min * 3 dias) + 225min + 403min + 377min$$

$$TD = 2445minutos$$

Onde:

TD – Tempo disponível

Dessa forma, a Equação 2 leva em consideração a capacidade de produção da máquina de 120 telhas por minuto, e o tempo disponível para calcular a capacidade instalada do processo de produção da telha, configurando-se em:

(2)

$$C_{Instalada} = TD * CPM$$

$$C_{Instalada} = 2445min/semana * 120telhas/min$$

$$C_{Instalada} \cong 293400telhas/semana$$

Onde:

C_{Instalada} – Capacidade instalada por semana

CPM – Capacidade de produção da máquina

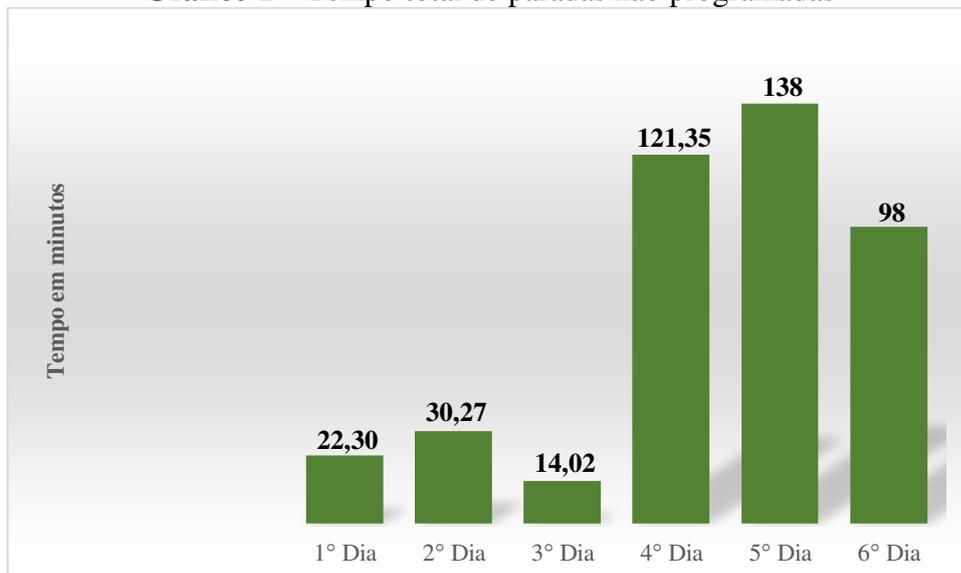
Nessa etapa do projeto iniciou-se a coleta de dados para identificar a quantidade e o tempo de paradas não programadas, isso foi realizado a partir da folha de verificação desenvolvida; assim como a carta de projeto esse documento também foi padronizado para que pudesse servir como uma ferramenta de auxílio no controle do processo de produção da telha e também em outras eventuais medições. A utilização da folha de verificação possibilitou o registro dos dados das paradas não programadas como o tempo que a linha de produção permaneceu ociosa, o item e o código da parada, como pode ser visto no Quadro 2 a seguir.

Os fatores evidenciados na folha de verificação que ocasionaram a paralização da linha de produção são descritos abaixo:

- a) Falta de carrinho: falta de vagonetas na linha de produção, após a etapa de corte;
- b) “BURRO”: presença de materiais indesejáveis na matéria-prima que impede a saída da massa da extrusora;
- c) Banheiro: saídas ao banheiro na hora da produção;
- d) Laminador: travamento do laminador;
- e) Troca de casquilho: troca de uma peça do molde que se desgasta ao longo do dia;
- f) Esteira: esteira trava por acúmulo de material;
- g) Misturador: travamento do misturador;
- h) Manutenção corretiva;
- i) Troca de arame: troca do arame que realiza o corte e se desgasta ao longo do dia;
- j) Falta de barro: a argila não desce do caixão alimentador para a esteira;
- k) Atraso: tempo parado após os retornos das refeições.

Em sequência, após a coleta das frequências de paradas não programadas foi possível identificar o tempo que a produção permaneceu parada, dessa forma foi viabilizado o desenvolvimento de um histograma onde demonstra graficamente o tempo total de paradas por dia. A partir do Gráfico 1 abaixo, pode-se entender a gravidade do problema nitidamente.

Gráfico 1 – Tempo total de paradas não programadas



Fonte: Autor (2018)

Logo, conhecendo o tempo total de paradas foi possível identificar o tempo efetivo de produção, visto que, esse valor pode ser encontrado pela subtração do tempo disponível para produção menos o tempo total de paradas não programadas, como pode ser visto na Equação 3 a seguir.

(3)

$$TDefetivo = TD - PNP$$

$$TDefetivo = 2445min/semana - 423,77min$$

$$TDefetivo = 2021,23minutos/semana$$

Onde:

TDefetivo – Tempo disponível efetivo por semana

PNP – Paradas não programadas

Identificado o tempo disponível efetivo, é possível calcular a capacidade de produção efetiva na semana de análise, isso pode ser visualizado na Equação 4 a seguir:

(4)

$$CEfetiva = TDefetivo * CPM$$

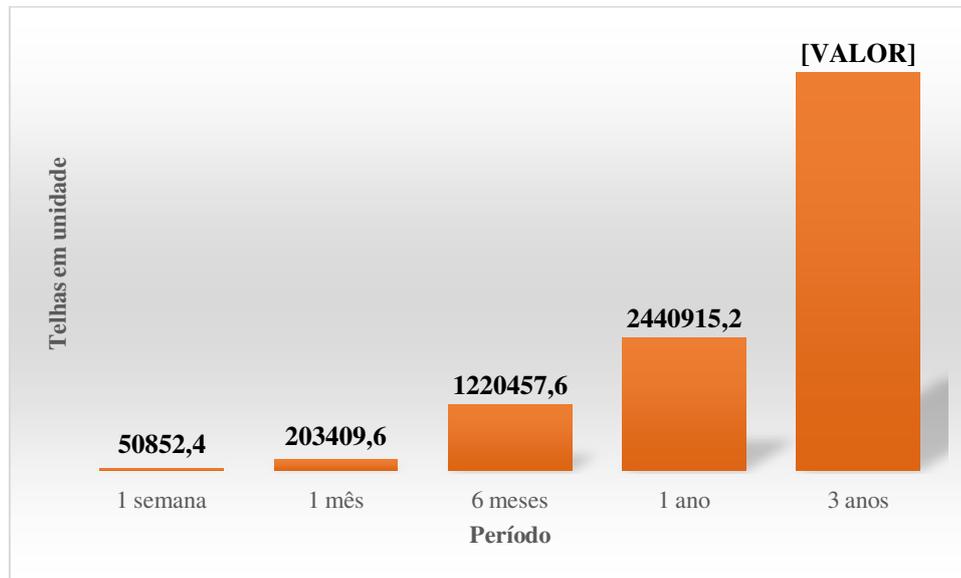
$$CEfetiva = 2021,23min/semana * 120telhas/min$$

$$CEfetiva \cong 242547,6telhas/semana$$

Onde:

CEfetiva – Capacidade efetiva

Com as paradas não programadas e levando em consideração a capacidade de produção da máquina, a empresa deixou de produzir em torno de 50852,4 telhas em apenas uma semana, transferindo essa informação para valores financeiros, a cerâmica deixou de gerar uma receita de aproximadamente R\$ 9.000,00 levando em consideração que todas seriam de segunda qualidade e R\$ 11.000,00 se todas as telhas fossem de primeira qualidade, um impacto significativo na receita da empresa. Caso esse cenário não sofra modificações a tendência é o alto índice de improdutividade ao longo do tempo, O Gráfico 2 a seguir mostra uma projeção da quantidade de telhas não produzidas em certos períodos, considerando a capacidade de produção da máquina.

Gráfico 2 – Projeção de telhas não produzidas ao longo do tempo

Fonte: Autor (2018)

Conhecendo os números mencionados, foi possível calcular a eficiência da empresa a partir da razão da capacidade efetiva e a capacidade instalada, isso pode ser visto na Equação 5 a seguir:

(5)

$$Eficiência = \left(\frac{CEfetiva}{CInstalada} \right) * 100\%$$

$$Eficiência = \left(\frac{242547,6 \text{ telhas}}{293400 \text{ telhas}} \right) * 100\%$$

$$Eficiência = 82,6\%$$

Onde:

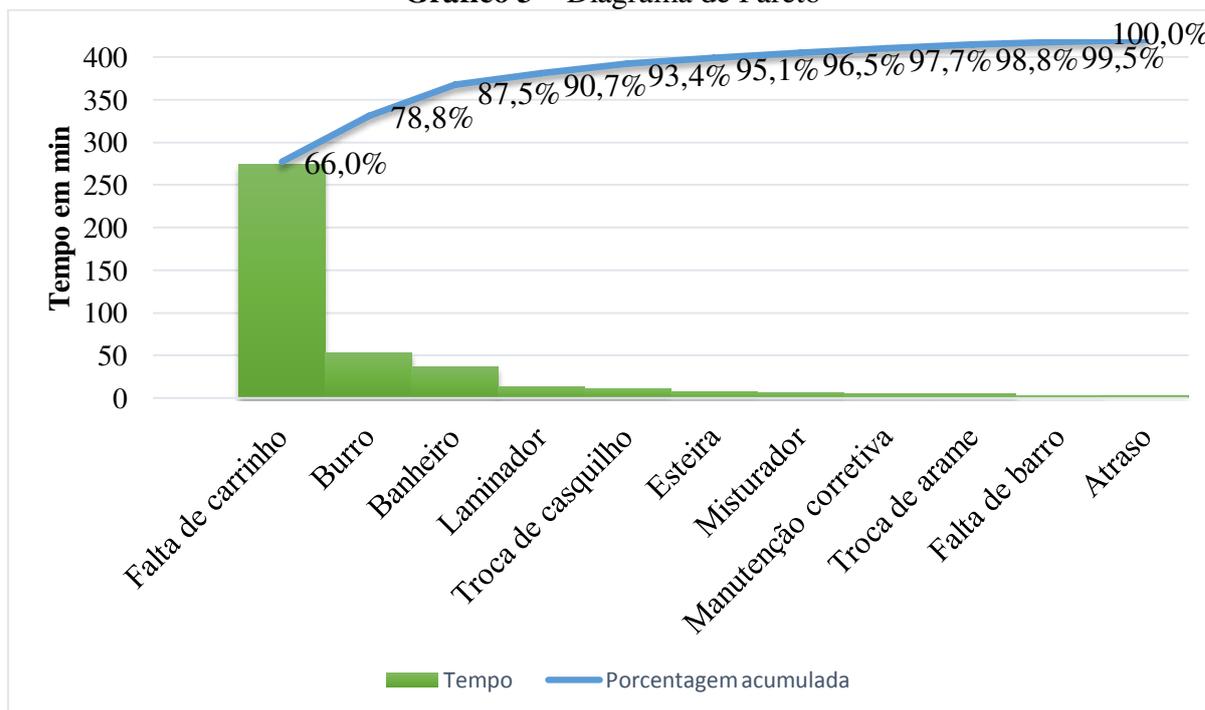
CEfetiva – Capacidade efetiva

CInstalada – Capacidade instalada

Considerando que a eficiência da empresa está em 82,6%, seu índice de perda configura-se em 17,3%, o que foi considerado extremamente alto pela gestão do projeto.

Após tomar conhecimento dos impactos das paradas não programadas a partir da tradução dos dados, utilizou-se o diagrama de Pareto para elencar os itens que mais ocasionaram o problema. Todos os itens registrados na folha de verificação foram apontados no Gráfico 3, que pode ser visto a seguir.

Gráfico 3 – Diagrama de Pareto



Fonte: Autor (2018)

Através do gráfico foi possível seccionar os itens e classificá-los em A, B e C onde os itens A são responsáveis por 80% dos problemas, dessa forma, a falta de carrinho e o “BURRO” foram definidos como os itens que mais causaram danos a empresa, logo o projeto destinou seus esforços para descobrir a causa dos mesmos e promover ações que amenizem ou solucionem seus impactos. É importante destacar que a linha de produção só funciona com a presença dos quatro pegadores, logo, se um deles precisar ir ao banheiro nesse período toda a produção tem que parar, impactando significativamente no tempo de paradas não programadas.

A falta de carrinho, item mais frequente e de maior impacto nas paradas não programadas, consiste na ausência de vagonetas na linha de produção. O funcionário que realiza a movimentação e ajusta a posição das mesmas ao lado da esteira avisa ao operador da extrusora que não há nenhuma unidade presente no setor de produção, e imediatamente o processo produtivo para. Esse problema acontece porque as vagonetas estão no setor dos fornos sendo descarregadas para assim que a tarefa de arreamento acabar, voltarem para o setor de produção. Nesse período, os funcionários responsáveis pela linha de produção ficam ociosos enquanto que, os responsáveis pela etapa de arreamento das telhas realizam sua tarefa descrita no tópico 4.1.11.

O “BURRO”, nomenclatura adotada pela empresa, consiste na parada da produção ocasionada por algum material indesejável que está dentro da extrusora e provoca

deformações na massa de argila, imediatamente a produção para visto que, este problema inviabiliza a saída da massa contínua impedindo que ela chegue a etapa de corte. Assim que a máquina é interrompida o operador retira o material com ajuda de uma haste de ferro, caso não consiga retirar devido à localização profunda, o mesmo desencaixa o molde e faz uma limpeza mais completa. Existem diversos materiais que causam este problema, a Figura 21 a seguir ilustra alguns deles.

Figura 21 – Materiais retirados da máquina extrusora

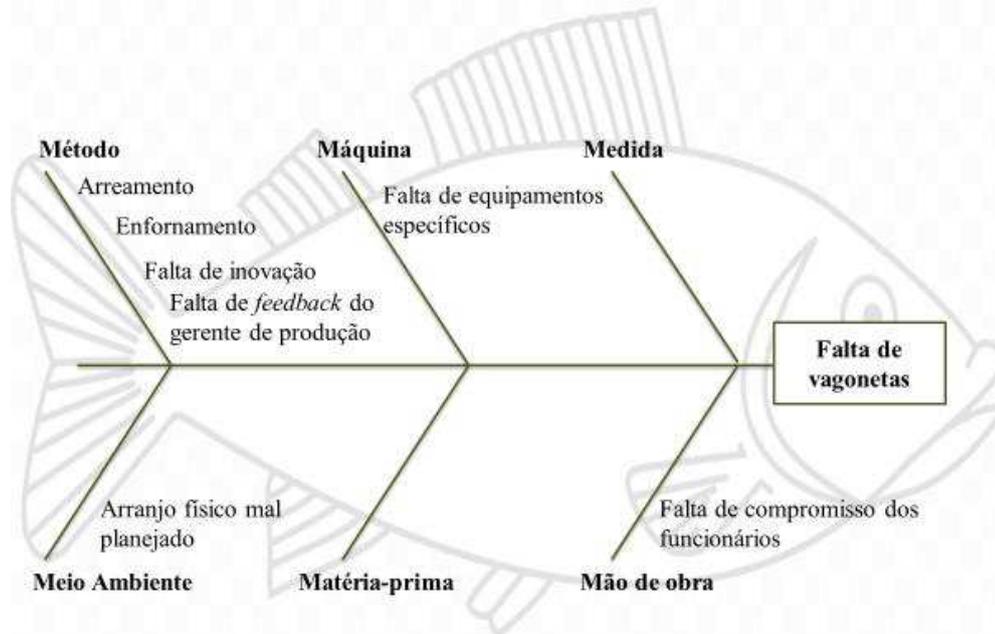


Fonte: Autor (2018)

4.4 ETAPA ANALISAR

Nessa etapa do projeto, a equipe foi envolvida em um *brainstorming* para discutir possíveis causas que justifiquem a ocorrência da falta de carrinho e da presença do “BURRO”. Logo, essa ferramenta serviu como uma facilitadora para a implementação do diagrama de Ishikawa. Inicialmente constam as potenciais causas para o problema de falta de carrinho e podem ser visualizadas na Figura 22 abaixo.

Figura 22 – Diagrama de Ishikawa para falta de vagonetas



Fonte: Autor (2018)

O *brainstorming* e o diagrama de Ishikawa auxiliaram a equipe na identificação de sete causas potenciais para a falta de carrinho; de início, as causas elencadas foram o arreamento das telhas e o enfornamento. A forma como essas tarefas são realizadas prendem a vagoneta por mais tempo quando comparado ao tempo que ela permanece na linha de produção para serem preenchidas, dessa forma, muitas vezes falta vagonetas no setor de produção porque elas estão ociosas no setor de queima devido à demora em esvazia-las, ou servindo de apoio para as telhas que ficam escoradas em sua base. Além disso, ainda foram elencados a ausência de inovação no método de enfornamento que ocorre de forma inteiramente manual, e também a falta de *feedback* do gerente de produção que ao não passar a real situação aos diretores facilita a continuação do problema e evita que alguma medida seja tomada.

Relacionado ao maquinário, percebe-se que a empresa não possui equipamentos que possibilitem o arreamento e enfornamento mais rápido, algo que solucionaria ou minimizaria a falta de carrinho no setor de produção, essa ausência de agilidade também se dá pelo arranjo físico inadequado onde as telhas são arreadas, não há um piso plano que facilite a locomoção de esteiras, pessoas e até as vagonetas. Além disso, o forno só permite a entrada de uma carroça pequena, logo, quando dois funcionários levam as telhas ao forno, um adentra e o outro permanece ao lado de fora aguardando a sua vez de entrar. Além desses problemas destaca-se a falta de compromisso dos funcionários que realizam o arreamento e

enformamento, estes por diversas vezes atrasam o cumprimento de suas tarefas em razão de conversas paralelas. O Quadro 3 a seguir traz uma análise através dos cinco “porquês”, possibilitando uma identificação mais profunda das causas do problema.

Quadro 3 – Análise dos cinco “porquês” para falta de vagonetas

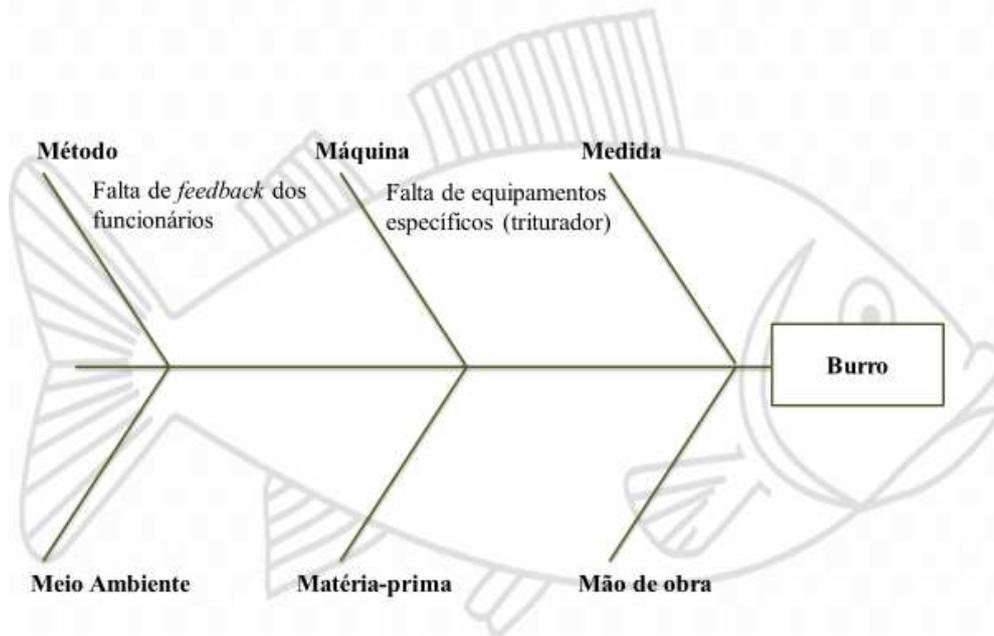
PORQUÊ?	PORQUÊ?	PORQUÊ?	PORQUÊ?	PORQUÊ?
Arreamento	Método mal elaborado, as telhas são escoradas na base da vagoneta que fica impossibilitada de sair	Atualmente os funcionários não possuem outro método	Falta aprimoramento ou desenvolvimento de novos métodos	Falta de conhecimento do problema por parte da diretoria
Enformamento	Os fornos possuem entradas pequenas que não permitem a passagem de duas carroças	Layout antigo	Falta de investimento nos fornos	Falta de capital
Falta de inovação	Ausência de investimento e gestão da qualidade	Falta de capital e desinteresse por parte da diretoria	Baixa rentabilidade da empresa, que segundo a diretoria não vale a pena realizar altos investimentos	Elevados custos e alta ineficiência
Falta de <i>feedback</i> do gerente de produção	Falta de iniciativa e desconhecimento parcial do problema	Sentimento de impotência frente aos problemas e falta de controle da produção	Despreparo	Falta de conversas com a diretoria e treinamento

Falta de equipamentos específicos	Falta de conhecimento do problema por parte da diretoria	Não estavam cientes da dimensão do problema de falta de carrinho	Ausência de gestão da qualidade e de <i>feedback</i> do gerente de produção	Não foi necessário
Arranjo físico mal planejado	Piso desgastado	Layout antigo	Falta de investimento	Falta de capital
Falta de compromisso dos funcionários	Desmotivação	Risco de encerramento das atividades da empresa	Baixa rentabilidade	Não foi necessário

Fonte: Autor (2018)

O próximo passo foi realizar novamente um diagrama de Ishikawa (Figura 23) junto com o *brainstorming* para identificar as causas do “BURRO”, problema mais simples, mas que possui impacto na produtividade da cerâmica.

Figura 23 – Diagrama de Ishikawa para o item “BURRO”



Fonte: Autor (2018)

Para o item “BURRO”, a equipe chegou à conclusão que existem duas causas responsáveis pela presença do efeito. Foram destacados a falta de *feedback* dos funcionários,

dessa forma não havia como a diretoria tomar conhecimento da ocorrência do problema, junto a isso, foi levantado como causa a falta de equipamentos específicos no processo produtivo pois, atualmente há máquinas específicas para triturar a massa de argila e eliminar os materiais indesejáveis que estão dentro da matéria-prima. Algumas empresas ceramistas da região já operam com este tipo de equipamento. O Quadro 4 traz a aplicação dos cinco “porquês” para auxiliar na identificação do que provocou as causas do efeito “BURRO”.

Quadro 4 - Análise dos 5 “porquês” para o item “BURRO”

PORQUÊ?	PORQUÊ?	PORQUÊ?	PORQUÊ?	PORQUÊ?
Falta de <i>feedback</i> do gerente de produção	Falta de iniciativa e desconhecimento parcial do problema	Sentimento de impotência frente aos problemas e falta de controle da produção	Despreparo	Falta de conversas com a diretoria e treinamento
Falta de equipamentos específicos (desintegrador)	Falta de conhecimento do problema	Falta de <i>feedback</i> do gerente e controle de qualidade	Não foi necessário	Não foi necessário

Fonte: Autor (2018)

É importante dizer que a falta de *feedback* do gerente de produção esteve elencada como causa para os dois problemas estudados, no entanto, esta causa não é responsável pela ocorrência direta desse problema, mas sim por não informar o que estava acontecendo a diretoria, o que possibilitou a continuação das paradas; acredita-se que isso tenha acontecido pelo despreparo do funcionário em relação ao controle dos processos produtivos que acontecem de forma visual sem o auxílio de nenhuma ferramenta para tratar os dados da produção. É importante destacar que a diretoria detinha conhecimento sobre a ocorrência de “BURRO” no processo de produção dos seus produtos, no entanto, não estavam cientes que este efeito era responsável por tantas paradas do processo, isso ocorria devido à ausência de informações repassadas do gerente de produção para os diretores. As paradas não programadas do efeito “BURRO” costumam ser curtas, a maioria provoca a parada da produção por menos de 1 minuto, mas é rotineira a ocorrência desse efeito ao longo do dia, acumulando muito tempo de paradas pela sua presença.

4.5 ETAPA MELHORAR

Com base nas causas elencadas foi elaborado um plano de ação unificado com o objetivo de traçar medidas para solucionar ou minimizarem os impactos das paradas não programadas no processo produtivo da telha, isso foi feito a partir da ferramenta da qualidade 5W2H que pode ser vista no Quadro 5 a seguir.

Quadro 5 – 5W2H para solução/minimização das causas elencadas

<i>What</i> Ação	<i>Why</i> Causa-raiz	<i>How</i> Procedimento	<i>Where</i> Local	<i>Who</i> Responsáveis	<i>When</i> Prazo	<i>How much</i> Recursos
Elaboração de um POP	Arreamento e enformamento	Instalar uma esteira móvel	Setor de queima	Equipe do projeto	2 semanas	R\$ 3.000,00
Implantação de um SGQ	Falta de inovação	Aplicar indicadores de produtividade (cartas de controle, e índices de processo.	Em todo o processo produtivo	Gerente de produção e diretoria	1 semana	R\$ 0
Treinamento do gerente de produção	Falta de <i>feedback</i> do gerente de produção	Treinamento para uso de ferramentas da qualidade e esclarecimento das atribuições do cargo de gerente de produção	Todos os setores	Diretoria	1 semana	R\$ 0

Reuniões e palestras	Falta de compromisso dos funcionários	Estabelecer metas e objetivos	Todos os setores	Diretoria	1 semana	R\$ 0
Aquisição de equipamentos	Falta de equipamentos específicos	Compra de um triturador	Sector de produção	Diretoria	4 semanas	R\$ \cong 4.000,00

Fonte: Autor (2018)

Com o desenvolvimento do plano de ação, a empresa buscou fornecedores de equipamentos para empresas ceramistas a fim de levantar vários orçamentos para o equipamento que realiza a desintegração da matéria-prima, isso possibilitou a aquisição do produto mais acessível. Após a sua implementação no processo produtivo, a maior parte das paradas provenientes de “BURRO” foram eliminadas. O desintegrador seminovo adquirido pela cerâmica pode ser visto na Figura 24 a seguir.

Figura 24 – Desintegrador



Fonte: Autor (2018)

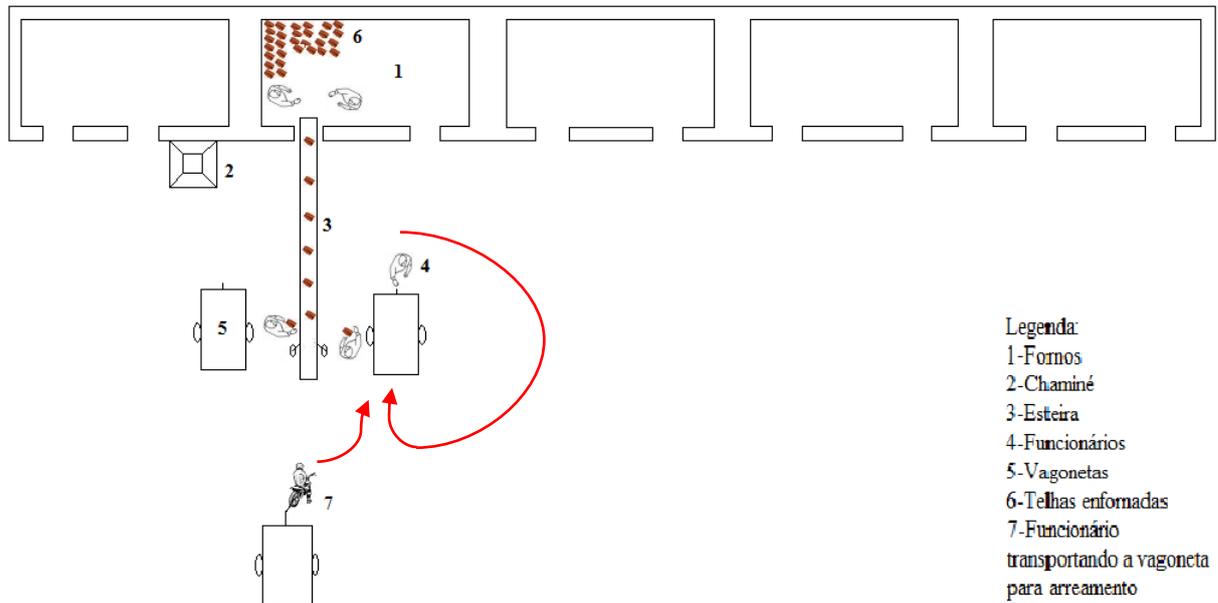
Após a identificação da falta de *feedback* do gerente de produção, a equipe o orientou em diversas reuniões a melhor forma de conceber a sua função, logo, os diretores sugeriram

que o mesmo desenvolvesse o hábito de passar diariamente todas as informações provenientes do chão de fábrica. Além disso, treinaram-no para o manuseio de ferramentas como a folha de verificação e relatórios de investigação, além de ensiná-lo a utilizar cartas de controle para identificar qualquer alteração indesejável no processo. Todas as informações desses documentos passaram a ser repassadas para a diretoria onde são registradas e debatidas em reuniões semanais.

A falta de compromisso dos funcionários preocupou a equipe nas primeiras semanas de estudo, logo, foram estabelecidas metas diárias para cumprimento de tarefas, dessa forma, aliada ao novo método de arreamento das telhas, houve uma mudança significativa na produção da cerâmica. Diariamente era preenchido cerca de 1 forno, após as melhorias, os funcionários passaram a enfiar aproximadamente 2 fornos por dia.

A falta de vagonetas apresenta um déficit que proporciona a maior causa das paradas não programadas da empresa, face a isso a equipe de projeto determinou a substituição do método de arreamento das telhas a partir da criação de um procedimento operacional padrão – POP, onde dois arreadores retiram as telhas da vagoneta e as colocam na esteira que levará direto para os fornos, no qual dois pegadores serão responsáveis por enfiá-las, o quinto funcionário fará a movimentação das vagonetas para que dessa forma ela possa ser totalmente esvaziada e levada novamente para o setor de produção. Após completar o enchimento do forno a esteira poderá ser direcionada para a entrada de outro forno, garantindo a necessidade de apenas uma esteira, levando em consideração a capacidade de produção da fábrica. O modelo sugerido para o procedimento operacional padrão pode ser visto na Figura 25, onde as setas indicam a movimentação das vagonetas.

Figura 25 – Croqui do POP sugerido para o arreamento e enformamento

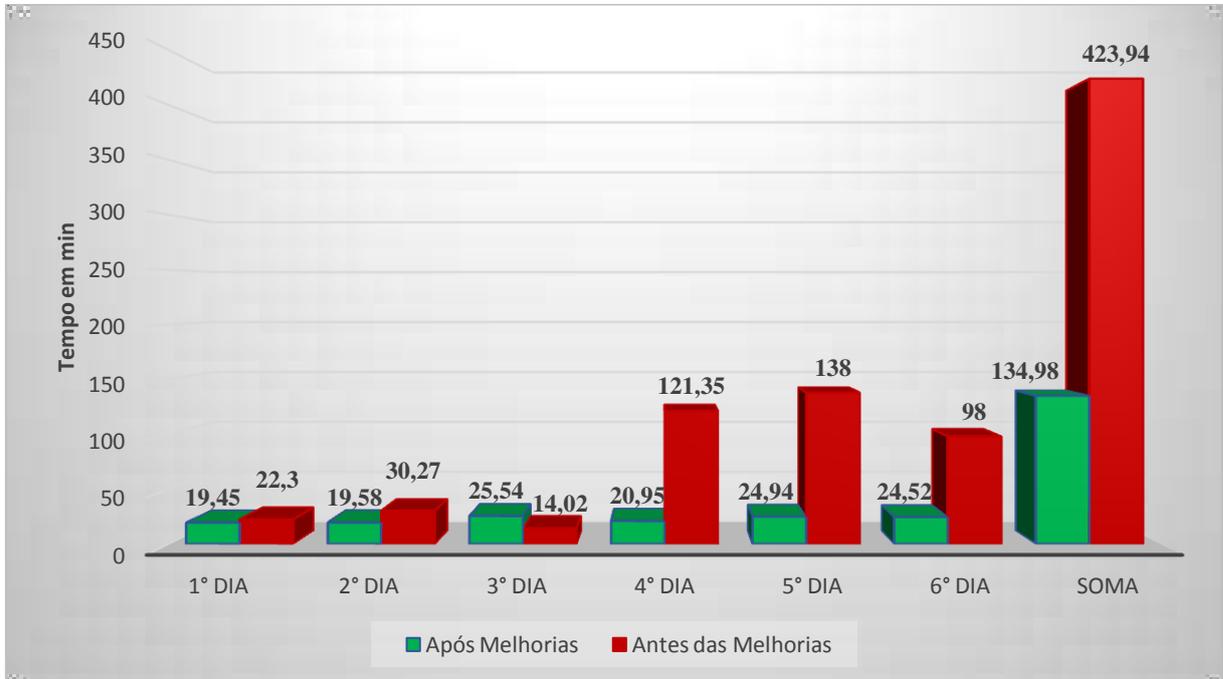


Fonte: Autor (2018)

O novo modelo proposto permitiu a redução da força de trabalho da empresa visto que, anteriormente eram utilizados 6 funcionários para realizar a tarefa de arreamento e enformamento, com a aplicação do POP a empresa passa a contar com 5 funcionários para realizar o novo método.

A maior parte das paradas provenientes de falta de vagoneta e “BURRO” foram sanadas, logo, grande parte do tempo perdido pela presença desses problemas foi convertido em tempo de produção, com isso a ineficiência do processo reduziu significativamente. Após a implementação das melhorias, a equipe fez uma nova aferição das paradas não programadas no processo da telha, o total por dia pode ser visto no Gráfico 4 abaixo.

Gráfico 4 – Comparação entre os tempos de paradas não programadas antes e após implementação das melhorias



Fonte: Autor (2018)

Para o cálculo da nova capacidade de produção efetiva, foi utilizado a Equação 6 abaixo.

(6)

$$T_{Defetivo} = TD - PNP$$

$$T_{Defetivo} = 2445 \text{ min/semana} - 134,98 \text{ min/semana}$$

$$T_{Defetivo} = 2310,02 \text{ minutos}$$

Logo,

$$CE_{fativa} = 2310,02 \text{ min/semana} * 120 \text{ telhas/min}$$

$$CE_{fativa} = 277202,4 \text{ telhas/semana}$$

Então, a eficiência da empresa após a redução da falta de vagoneta e “BURRO” é apresentada através da Equação 7.

(7)

$$Eficiência = \left(\frac{277202,4 \text{ telhas}}{293400 \text{ telhas}} \right) * 100\%$$

$$Eficiência = 94,4\%$$

$$Ineficiência = 5,52\%$$

A eficiência do processo após a implantação das melhorias ficou em torno de 94,4%, ao passo que a ineficiência reduziu para aproximadamente 5,52%, uma redução expressiva em

ineficiência.

4.6 ETAPA CONTROLAR

Para manter a permanência das melhorias implementadas, são necessárias algumas medidas que possam controlar os resultados alcançados a partir das etapas anteriores da metodologia DMAIC, isso foi feito na última etapa do projeto.

Para monitorar o resultado do projeto é necessário que o gerente de produção continue aferindo e controlando o processo de produção. A comunicação entre o funcionário e a diretoria deve ser contínua e de forma eficiente e sem ruído, onde todas as informações devem ser repassadas integralmente.

Ainda foi recomendado a continuidade da utilização da folha de verificação (quadro 2) para verificar a ocorrência de paradas não programadas, além da utilização de cartas de controle da produção. O mesmo funcionário foi induzido a produzir relatórios de investigação que devem seguir para a diretoria contendo todas as informações necessárias para que a equipe desenvolva métodos que solucionem os problemas destacados no relatório. O modelo do documento também foi desenvolvido para que seja adotado pela empresa e pode ser visualizado no Quadro 6.

Quadro 6 – Relatório de investigação

Relatório de investigação	
Nome da empresa:	
Endereço:	
CNPJ:	
Identificação do relator:	Telefone:
Cargo:	
Classificação do evento	
Paradas não programadas:	
Falta de carrinho ()	Troca de casquilho ()
BURRO ()	Esteira ()
Banheiro ()	Misturador ()
Laminador ()	Manutenção corretiva ()

Troca de arame ()	Falta de barro ()	
Atraso ()		
Outro problema:		
Introdução		
Local:		
Data:		
Turno:	Manhã () Tarde ()	
Descrição do problema		
Descreva de modo detalhado o problema encontrado (Como está acontecendo? O que está acontecendo?). Caso seja necessário anote suas observações e opiniões		
Identificação das causas		
Identifique as causas que levaram a ocorrência do problema		
Recomendações de melhorias		
Ações	Responsável	Prazo

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A produtividade de uma organização está precisamente ligada a eficiência de seus processos produtivos que devem ser geridos de forma hábil para que esta seja capaz de manter a empresa competitiva no mercado e disponha de produtos de qualidade para seus consumidores.

Visando a redução das paradas não programadas e a ineficiência da empresa, esse estudo viabilizou a implementação da metodologia DMAIC no processo produtivo da telha colonial marombada.

Por meio da aplicação da metodologia DMAIC, foi possível a identificação das paradas não programadas no processo produtivo do carro chefe da empresa. Através das ferramentas da qualidade identificou-se as suas ocorrências, impacto na eficiência da empresa, os tipos mais recorrentes de PNPs, as causas raízes de cada um dos problemas, e o desenvolvimento de ações que foram tomadas para diminuir a ocorrência do problema, além de medidas que promovem o controle dos resultados obtidos.

Com o modelo proposto a fábrica reduziu seus problemas no processo de produção, logo, a metodologia empregada permitiu de forma simples e consistente a identificação dos problemas que causavam a ineficiência elevada do processo produtivo da telha colonial extrudada e a partir disso promoveu ações para a eliminação das causas do problema, o que proporcionou a elevação da produtividade da cerâmica.

A metodologia empregada se mostrou eficiente através da sua simplicidade de manuseio e gestão, possibilitando a identificação de problemas recorrentes na empresa. Todas as ferramentas utilizadas foram essenciais para a viabilização do trabalho pois, proporcionaram dados eficientes e uma melhor visualização do processo e das ações a serem tomadas. O estudo permitiu observar que a metodologia DMAIC e as ferramentas da qualidade são caminhos eficientes quando se almeja a identificação de problemas e a solução/minimização dos mesmos, logo, são capazes de promover a elevação da produtividade a partir da eficiência dos processos produtivos da organização.

As dificuldades para execução do trabalho estiveram concentradas na falta de interesse por parte da equipe de funcionários da empresa dificultando a implementação da metodologia, além disso, a falta de capital impediu o avanço do projeto para desenvolver melhorias em outras áreas, limitando-se apenas ao principal processo produtivo da empresa.

Para enriquecimento dos projetos e estudos que objetivem a implantação da metodologia DMAIC, sugere-se a verificação dos resultados obtidos por um período maior,

utilizar novas ferramentas da qualidade e verificar a eficiência da metodologia em termos financeiros, identificando o retorno econômico alcançado pela empresa.

REFERÊNCIAS

ABCERAM - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CERÂMICA. **Anuário Brasileiro de Cerâmica "ABCERAM"**: 2002. São Paulo, 2002.

AGUIAR, M. C. **Análise de causa raiz: levantamento dos métodos e exemplificação**. 2014. Dissertação (Mestrado) – PUC-RJ, Departamento de Engenharia Industrial, Rio de Janeiro, 2014. Disponível em: <<https://www.maxwell.vrac.puc-rio.br/23437/23437.PDF>>. Acesso em: 24 set. 2018.

AMORIM, L. F. **Histórico da qualidade: uma passagem pela produção e as suas ferramentas**. Administradores, 12 ago. 2015.

ANICER – ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERAMICA. **Relatório anual**: 2015. Rio de Janeiro, 2015.

ANICER - ASSOCIAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA CERÂMICA. Rio de Janeiro: 2015. Disponível em: <<https://www.anicer.com.br/revista-anicer/revista-96/historia/>>. Acesso em: 18 out. 2018.

ARAUJO, A. S.; OLIVEIRA, D. N.; MILHOMEM, D. A.; ARAUJO, G. B.; FERREIRA, M. L. O. Análise do processo produtivo por meio da abordagem seis sigma em uma empresa de cerâmica localizada no município de marabá-PA. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 37., 2017, Joinville. **Anais eletrônicos do XXXVII Congresso Nacional de Engenharia de Produção - ENEGEP**, 2017. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/TN_STP_239_388_34060.pdf>. Acesso em: 30 out. 2018.

BAMFORD, D. R.; GREATBANKS, R. W. The use of quality management tools and techniques: a study of application in everyday situations. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 22, n. 4, p. 376-392, 2005.

BATISTA, D. S.; GOIS, J. V.; Busca da melhoria produtiva com auxílio de algumas das ferramentas da qualidade: estudo de caso realizado em uma indústria de confecção. In: CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2013. Salvador. **Anais eletrônicos XXXIII Congresso Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP**, 2017. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2013_TN_STP_178_018_22404.pdf>. Acesso em: 27 nov. 2018.

BEZERRA, F.D.; REINALDO FILHO, L. L. **Informe Setorial Cerâmica Vermelha**. Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste, ETENE, 2010.

BRESSIANI, J. C.; BUSTAMANTE, G. **A indústria cerâmica brasileira**. 2000. Disponível em: <http://ceramicaindustrial.org.br/pdf/v05n03/v5n3_5.pdf>. Acesso em: 14 out. 2018.

CAMPOS, V. F. **TQC Controle da Qualidade Total (No estilo japonês)**. 8. Ed. Belo Horizonte: Editora de Desenvolvimento Gerencial, 1992.

CAMPOS, V.F. **TQC: Controle da qualidade total: no estilo japonês**. 8 Ed. Nova Lima, MG: INDG Tecnologia e Serviços, 2004.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. 2ª edição. São Paulo: Atlas S.A., 2012.

CARPINETTI, L. C. R. **Gestão da qualidade: conceitos e técnicas**. São Paulo: Atlas S.A., 2010.

CARVALHO, M. M.; PALADINI, E. P. **Gestão da qualidade: teoria e casos**. 2ª edição. Rio de Janeiro: Elsevier: ABEPRO, 2012.

CARVALHO, O. O. O polo cerâmico do Seridó, no Rio Grande do Norte – características e peculiaridades. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 2003, João Pessoa. **Anais do 47º Congresso Brasileiro de Cerâmica**, João Pessoa, PB, 2003.

CERÂMICA VERMELHA – Projeto EELA no Brasil / Mauricio F. Henriques Jr., Joaquim Augusto P. Rodrigues (organizadores). – Rio de Janeiro: INT/ MCTIC, 2017. 135p.

CORONADO, R. B.; ANTONY, J. Critical success factors for the successful implementation of Six Sigma projects in Organizations. **The TQM Magazine**, v.14, pp. 92-99, no.2, 2002.

DAL CORTIVO, Z. **Aplicação do controle estatístico de processo em seqüências curtas de produção e análise estatística de processo através do planejamento econômico**. 2005. Dissertação (Mestrado em ciências) - Setores de Tecnologia e Ciências Exatas, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2005. Disponível em: <<https://acervodigital.ufpr.br/bitstream/handle/1884/3119/arquivo%20completo%20IV.pdf?sequence=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 05 out. 2018.

DONADEL, C. D. **Aplicação da metodologia DMAIC para redução de refugo em uma indústria de embalagens**. 2008. Trabalho de Formatura - Departamento de Engenharia de Produção, Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://pro.poli.usp.br/wp-content/uploads/2012/pubs/aplicacao-da-metodologia-dmaic-para-reducao-de-refugos-em-uma-industria-de-embalagens.pdf>>. Acesso em: 06 out. 2018.

EELA - Programa de Eficiência Energética en Ladrilleras Artesanales de America Latina para Mitigar el Cambio Climatico – EELA, MCTI - Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, Fundação de Ciência, Aplicações e Tecnologias Especiais (FUNCATE) e Agência Suíza para El Desarrollo y La Cooperacion (COSUDE). **Estudo comparativo dos fornos tipo caipira x tipo abóboda**. Projeto de eficiência energética nas pequenas indústrias de cerâmica vermelha do Brasil. Rio de Janeiro – Brasil, maio, 2012.

EISENHARDT, K. M. Building Theories from Case Study Research. **Academy of Management Review**, v. 14, n. 4, p. 532-550, 1989.

ESCANFERLA, D. **Projeto Dmaic com ferramentas Seis Sigma para redução de sucata em uma multinacional do ramo de acessórios automobilísticos**. 2014. Trabalho de graduação (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, Guaratinguetá, 2014. Disponível em:

<<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/124318/000822461.pdf?sequence=1>>. Acesso em: 07 out. 2018.

FALCÃO, G. A. M; COLAÇO, L. S; RAMOS JUNIOR, E. Q; MACEDO, R. S. Análise das características físico-mecânicas de argilas vermelhas do estado do Rio Grande do Norte e da Paraíba, visando o reaproveitamento dos resíduos descartados em meio ambiente. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA E CIÊNCIAS DOS MATERIAIS, 2014, Cuiabá. **Anais do 21º Congresso Brasileiro de Engenharia e Ciências dos Materiais**, Cuiabá, MT, 2014.

FIESC: Federação da Indústria do Estado de Santa Catarina. Florianópolis: FIESC, c2014. Disponível em: <<http://www4.fiescnet.com.br/pt/setores/ceramica>>. Acesso em: 04 out 2018.

FRANCISCO, L. L. **Por que as ferramentas e os métodos de gestão da qualidade são importantes para a empresa**. Administradores, 19 out. 2011

GORINI, A. P. F.; CORREA, A. R. In: BNDES-Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social: **Cerâmica para Revestimentos**, setorial 10, set, p-201-251, Rio de Janeiro, 1999.

GRAEL, P. F. F.; OLIVEIRA, O. J. Sistemas certificáveis de gestão ambiental e da qualidade: práticas para integração em empresas do setor moveleiro. **Produção**, v. 20, p. 30-41, jan./mar. 2010.

GUIMARÃES, A. M. C. Aplicabilidade da previsão de demanda na gestão da cadeia de suprimento: estudo de caso. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2009, Salvador. **Anais eletrônicos do XXIX Congresso Nacional de Engenharia de Produção – ENEGEP**, 2009. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2009_TN_STO_091_617_14010.pdf>. Acesso em: 07 out. 2018.

JÚNIOR, A.; SABOYA, J. R.; PEREIRA, M. J. R.; SALLES, C. Utilização de Sacarose de Cana-de-Açúcar em Preparo de Massas Cerâmicas Vermelhas. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CERÂMICA, 43., 1999, Florianópolis. **Anais do 43º Congresso Brasileiro de Cerâmica**, Florianópolis, SC, 1999.

LINS, B. F. E. **Ferramentas básicas da qualidade**. Brasília, 1993.

LOPES, K. R. Intervenção Ergonômica em uma Olaria. In: Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia: produto, informações, ambiente construído e transporte, 10., 2010, Rio de Janeiro. **Anais do Congresso Internacional de Ergonomia e Usabilidade de Interfaces Humano-Tecnologia: produto, informações, ambiente construído e transporte**, Rio de Janeiro, RJ, 2010.

MACEDO, R. S. **Estudo das matérias-primas e tijolos cerâmicos furados produzidos no estado da Paraíba**. 1997. Dissertação (Mestrado Engenharia Química) - Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1997.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. Administração da Produção. 6ª edição. São Paulo: Saraiva, 2002.

MEDEIROS, L. D. D.; ANDRADE, J. T. D.; MEDEIROS, D. C. A.; ANDRADE, T. Q.; PINTO, B. P. A. S. Proposta de elaboração de um plano de manutenção em uma empresa cerâmica. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2015, Fortaleza. **Anais do XXXV Encontro Nacional de Engenharia de produção**, Fortaleza, CE, 2015.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução. **Production**, São Paulo, v. 17, n. 1, p. 216-229, 2007.

MIGUEL, P. A. C. **Qualidade: enfoques e ferramentas**. São Paulo: Artliber, 2001

MINISTÉRIO DE MINAS E ENERGIA. **Anuário Estatístico: Setor Transformação Não Metálicos/Secretaria de Geologia, Mineração e Transformação Mineral**. 2016 – Brasília: SGM, 2016.

MITIDIARI FILHO, C. V.; CAVALHEIRO, W. Desenvolvimento do Sistema Construtivo em Painéis Cerâmicos. In **Tecnologia de Edificações. Projeto de divulgação tecnológica Lix da Cunha**. São Paulo: Pini, Instituto de Pesquisa Tecnológica (IPT), Divisão de Edificações, 1988.

MOURA, G.L.; MARCHI, J.; SILVA, A.; HÖRBE, T. A. N. Análise e mapeamento de processos em uma empresa de engenharia prestadora de serviço ao setor ferroviário. In: SIMPÓSIO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO - SIMPEP, 23., 2014, Bauru. **Anais eletrônicos do XXIII SIMPEP, Simpósio de engenharia de produção**, Bauru, Unesp, 2014.

NASCIMENTO, J. A. **O circuito espacial da indústria de cerâmica vermelha no Seridó potiguar**. 2011. Dissertação (Mestrado em geografia) – Programa de pós-graduação e pesquisa em geografia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2011. Disponível em:
<<https://repositorio.ufrn.br/jspui/bitstream/123456789/18930/1/JudicleideAN DISSERT.pdf>>. Acesso em 05 out 2018.

OLIVEIRA, F. E. M. **Acompanhamento da produção industrial em cerâmicas na microrregião do vale do assú: estudo de caso**. 2011. Monografia (Graduação em Ciência e Tecnologia) - Universidade Federal Rural do Semi Árido - Ufersa, Angicos, 2011. Disponível em:
<<http://www2.ufersa.edu.br/portal/view/uploads/setores/232/arquivos/Fabson%20Emerson%20Marrocos%20de%20Oliveira.pdf>>. Acesso em: 24 out. 2018.

PANDE, P. S.; NEUMAN R. P.; CAVANAGH R. R. **Six Sigma way team field book, the an implementation guide for project improvement**. New York: McGraw-Hill, 2001.

PAULETTI, M. C. **Modelo para introdução de nova tecnologia em agrupamentos de micro e pequenas empresas: estudo de caso das indústrias de cerâmica vermelha no Vale do Rio Tijucas**. 2001. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2001.

PIMENTEL, L. C. S. **Aplicação de ferramentas da qualidade para o controle e melhoria da taxa de paradas no processo de laminação**. 2016. Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) – Instituto de Ciências Exatas e Aplicadas, Universidade Federal de Ouro Preto, João Monlevade, 2016. Disponível em:

<http://www.monografias.ufop.br/bitstream/35400000/173/1/MONOGRRAFIA_Aplica%C3%A7%C3%A3oFerramentasQualidade.pdf>. Acesso em: 10 out. 2018.

PINTO, D. G. C. **Aplicação do Seis Sigma no Processo de Moldação da Indústria Corticeira**. 2016. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Gestão Industrial) - Faculdade de Ciência e tecnologia, Universidade nova de Lisboa, 2016. Disponível em: <https://run.unl.pt/bitstream/10362/19969/1/Pinto_2016.pdf>. Acesso em: 26 set. 2018

POHEKAR, R. S.; REOSEKAR, S. D. "Six Sigma methodology: a structured review". **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 5, Iss 4 pp. 392 – 422, 2014.

PORTAL BANAS QUALIDADE. **Project charter ou termo de abertura de um projeto**. São Paulo:2013. Disponível em:

<<https://www.banasqualidade.com.br/artigos/2013/05/project-charter-ou-termo-de-abertura-de-um-projeto.php>>. Acesso em: 19 out. 2018.

REIS, D. D. **Aplicação da metodologia Seis Sigma, modelo Dmaic, na operação de uma empresa do setor ferroviário**. 2011. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2011. Disponível em: < http://www.ufjf.br/ep/files/2014/07/2011_3_Douglas.pdf>. Acesso em: 05 out. 2018.

RENO, G. W. S. Aplicação das ferramentas da qualidade para redução na quebra de prendedores de roupa em uma empresa de injeção de plásticos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2015, Fortaleza. **Anais do XXXV Encontro Nacional de Engenharia de produção**, Fortaleza, CE, 2015.

ROHLEDER, T. R.; SILVER, E. A. A tutorial on business process improvement. **Journal of Operations Management**, v. 15, n. 2, p. 139-154, 1997.

ROTH, C. W. **Qualidade e Produtividade**. 3ª Edição. Santa Maria: Colégio Técnico Industrial, UFSM, 2011.

ROTONDARO, R. G. **Seis Sigma: estratégia gerencial para melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.

SAREMI, M.; MOUSAVI, S. F.; SANAYEI, A. TQM consultant selection in SMEs with TOPSIS under fuzzy environment. **Expert Systems With Applications**, v. 36, n. 2, p. 2742-2749, 2009.

SCATOLIN, A. C. **Aplicação da metodologia Seis Sigma na redução das perdas de um processo de manufatura**. 2005. Dissertação (mestrado profissional em Engenharia Mecânica/Planejamento e Gestão Estratégica da Manufatura) - Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, São Paulo, 2005. Disponível em: <http://taurus.unicamp.br/bitstream/REPOSIP/265608/1/Scatolin_AndreCelso_M.pdf>. Acesso em: 01 set. 2018.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Cerâmica Vermelha, Estudo de Mercado.** SEBRAE/ESPM, 2008.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS: **Cerâmicas do Rio Grande do Norte são certificadas por qualidade**, 2015. Disponível em: <<http://www.rn.sebrae.com.br/noticia/ceramicas-do-rio-grande-do-norte-sao-certificadas-por-qualidade/>>. Acesso em 23 out. 2018.

SEBRAE - SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. Construção civil: **boletim de inteligência**. São Paulo, 2015.

SEBRAE – SERVIÇO BRASILEIRO DE APOIO ÀS MICRO E PEQUENAS EMPRESAS. **Cerâmica vermelha para construção: telhas, tijolos e tubos: relatório técnico**. São Paulo, 2008.

SERVIN, C. A. L.; SANTOS, L. C.; GOHR, C. F. Aplicação da metodologia DMAIC para a redução de perdas por paradas não programadas em uma indústria moageira de trigo. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2012, Bento Gonçalves. **Anais do XXII Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Bento Gonçalves, RS, 2012.

SILVEIRA, H. E.; MARTELLI, R.; OLIVEIRA V. V. A implantação da ferramenta 5W2H como auxiliar no controle da gestão da empresa agropecuária São José. **Revista de Administração do Sul do Pará: FESAR**. v. 3, n. 2, Mai/Ago, 2016.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 3ª edição. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2009.

SOKOVIC, M.; PAVLETIC, D.; PIPAN, K. Kern. Quality Improvement Methodologies – PDCA Cycle, RADAR Matrix, DMAIC and DFSS. **JAMME- Journal of achievements in materials and manufacturing Engineering**. v. 43, ISSUE. 1. nov. 2010. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/49600834_Quality_improvement_methodolo>. Acesso em: 12 out. 2018.

SOUZA, L. M.; RIBEIRO JÚNIOR, J. I.; REIS, G. M.; SAYURILDE, M. Eficiência dos gráficos de controle xbarra, ewma e cusum. **Rev. Eletrônica Produção & Engenharia**, v. 1, n. 1, p. 81-94, 2008.

TRIBUNA DO NORTE: **Indústria cerâmica faz ciclo de palestras**. Natal, c2015. Disponível em: <<http://www.tribunadonorte.com.br/noticia/industria-ceramica-faz-ciclo-de-palestras/314787>>. Acesso em: 30 out. 2018.

TRIVELLATO, A. A. **Aplicação das Sete Ferramentas Básicas da Qualidade no Ciclo PDCA para melhoria contínua: estudo de caso numa empresa de autopeças**. 2010. Trabalho de Conclusão de Curso - Escola de Engenharia de São Carlos, USP, São Paulo, 2010. Disponível em: <file:///D:/Downloads/Trivellato_Arthur_Antunes%20(1).pdf>. Acesso em: 02 out. 2018.

VIEIRA FILHO, G. **Gestão da Qualidade Total: Uma Abordagem Prática**. 2ª Edição. Campinas-SP: Alínea, 2007.

WALSH, A.; HUGHES, H.; MADDOX, D. P. Total Quality Management continuous improvement: Is the philosophy a reality? **Journal of European Industrial Training**, 26(6), pp. 299-307, 2002.

WATSON, G. H. Cycles of learning: observations of Jack Welch. **Six Sigma Forum Magazine**. Milwaukee, v. 1, n. 1, p.13-18, nov. 2001.

WERKEMA, C. **Criando a cultura lean seis sigma**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

WERKEMA, M. C. C. **Criando a Cultura Seis Sigma**. Nova Lima: Werkema Editora, 2004. 256p.

WERKEMA, C. **Métodos PDCA e DMAIC e suas ferramentas analíticas**. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013.

