

UTILIZAÇÃO DA FERRAMENTA MAPEAMENTO DE FLUXO DE VALOR (MFV) PARA IDENTIFICAÇÃO DE DESPERDÍCIOS NO PROCESSO PRODUTIVO DE UMA EMPRESA FABRICANTE DE GESSO

USING THE VALUE FLOW MAPPING TOOL (MFV) TO IDENTIFY WASTE IN THE PRODUCTION PROCESS OF A GYPSUM MANUFACTURING COMPANY

Pedro Vieira Souza Santos* E-mail : pedrovieirass@hotmail.com

Andréa de Vasconcelos Ferraz* E-mail : andrea.ferraz@univasf.edu.br

Ana Cristina Gonçalves Castro Silva* E-mail : anacristina.silva@univasf.edu.br

*Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF), Petrolina, PE

Resumo: As indústrias do segmento gesso, devido ao alto volume de produção, representam um setor de grande importância econômica e que carece de estudos que visualizem a eficiência do sistema de produção. Assim, a partir da utilização da ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), o estudo pôde responder a problemática definida, ou seja, apontar quais os prováveis desperdícios e gargalos que o mapeamento de fluxo de valor pode auxiliar a identificar em uma empresa do setor do gesso. Com base nos estudos de tempos (cronoanálise), observou-se que a operação de calcinação é o gargalo do sistema de produção, apresentando um Tempo Padrão de 6338,5 s, o que representa aproximadamente 55% do tempo total de processamento para produção de um lote com, em média, 95 sacos de 40 kg cada. Logo, ressalta-se a importância de se estudar o processo de calcinação, indicado como processo gargalo, a partir da observação do elevado tempo de ciclo em relação ao *takt time*, o que acarreta em um desequilíbrio no ritmo para atender a demanda.

Palavras chave: Mapeamento Fluxo de Valor. Lean Manufacturing. Indústria de gesso.

Abstract: The industries of the gypsum segment, due to the high production volume, represent a sector of great economic importance and that needs studies that visualize the efficiency of the production system. Thus, using the Value Stream Mapping (MFV) tool, the study was able to answer the defined problem, namely, what are the probable wastes and bottlenecks that the value stream mapping can help to identify in a company of gypsum sector. Based on time studies (chronoanalysis), it was observed that the calcination operation is the bottleneck of the production system, presenting a Standard Time of 6338.5 s, which represents approximately 55% of the total processing time for a batch with an average of 95 bags of 40 kg each. Thus, it is emphasized the importance of studying the calcination process, indicated as bottleneck process, from the observation of the high cycle time in relation to the takt time, which results in an imbalance in the rhythm to meet the demand.

Keywords: Value Stream Mapping. Lean Manufacturing. Gypsum Industry.

1 INTRODUÇÃO

Ultimamente, de acordo com Iammarino et al. (2018) as indústrias vêm enfrentando um novo ambiente de negócio, com um nível cada vez mais globalizado e competitivo. Tal fato tem estimulado a busca por estratégias mais agressivas, no

intuito de reduzir os desperdícios, reavaliar os processos da organização e a manutenção do grau de competitividade (DOUGLAS; ANTONY; DOUGLAS, 2015; BELLISARIO; PAVLOV, 2018).

Nesse sentido, as empresas recorrerem às ferramentas enxutas para melhorarem seus processos na cadeia de suprimentos e alcançarem resultados mais consistentes. Diante deste cenário, as indústrias do segmento gesso enquadram-se neste perfil, onde, apesar de gerar grande lucro (refletido pelo alto volume comercializado) e desenvolvimento econômico, essa mesma produção origina resíduos, tanto na extração do minério gipsita (rejeito), quanto na fabricação do seu produto (LIMA et al., 2016).

No Brasil, estas empresas concentram-se nos principais depósitos de gipsitas localizadas todas nas regiões Norte, Nordeste ou Centro-Oeste, fato que o posiciona como o 11º produtor mundial e torna possível suprir todo o consumo interno. Ademais, as jazidas que apresentam melhores condições de aproveitamento econômico e considerada como maior depósito lavrável estão contidas na Bacia Sedimentar do Araripe, na divisa dos estados de Pernambuco, Ceará e Piauí. Nesta região o minério da gipsita é considerado de alta qualidade (teor de pureza entre 88 e 98%), do ponto de vista de sua composição química, o que leva esta região a ser mais explorada (SINDUSGESSO, 2019).

Entretanto, as empresas têm buscado continuamente agregar valor a seus produtos por meio de inovação, em um contínuo processo de desenvolvimento tecnológico. Sendo assim, a indústria que pretende ser competitiva e crescer obtendo maior porção do mercado, é obrigada a examinar e constantemente aperfeiçoar seus métodos de gestão e estratégias de negócio (ZAHRAEE et al., 2014; KARUNAKARAN, 2016; SANTOS; OLIVEIRA, 2019).

Isso faz com que as empresas que utilizam a abordagem de produção enxuta, ao contrário das que permanecem com o sistema produtivo tradicional, gozem, em geral, de uma vantagem competitiva sobre as que utilizam abordagens habituais (STEVENSON, 2001; TYAGI et al., 2015). A produção enxuta é uma filosofia implantada em várias empresas que objetivam obter flexibilidade e dinamicidade para atingir novos desafios competitivos. Nesse aspecto, Rahani e Al-Ashraf (2012) citam que o Mapeamento do Fluxo de Valor (MFV) é uma das ferramentas indicadas para tal objetivo.

O MFV baseia-se na elaboração de um “mapa” que mostra como é o fluxo de materiais ou informações. Este mapa tem início na cadeia de fornecedores, passa pela empresa e finaliza no cliente, percorrendo todo o caminho do processo de transformação da matéria prima. Assim, as potenciais melhorias ocorrem essencialmente pela redução dos desperdícios. Além disso, pode-se citar como outros benefícios desta ferramenta, o aumento da eficiência dos processos, melhoria nas comunicações transacionais e de relacionamento com os clientes (XIA; SUN, 2013). A redução dos custos de produção e serviços e aumento de competitividade das organizações também estão relacionados com a implementação do MFV (AOMAR, 2011).

Nesse contexto, o objeto de estudo desse trabalho, é a utilização da ferramenta enxuta Mapeamento de Fluxo de Valor em uma indústria do setor gesso, localizada na cidade de Trindade-PE, com o intuito de analisar o processo produtivo e identificar as possíveis causas que geram desperdícios, tendo em vista o aumento na eficiência da fabricação e por consequência, uma significativa redução dos custos.

Portanto, utilizando a ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor procura-se responder a seguinte problemática: quais os prováveis desperdícios que o mapeamento de fluxo de valor pode auxiliar a identificar em uma empresa do setor do gesso?

2 ABORDAGEM TEÓRICA

Nesta seção, serão apresentados os principais conceitos que embasam a pesquisa. Tratando do aspectos gerais do Sistema Toyota de Produção (STP), do *Lean Manufacturing*, abordando ainda princípios da produção enxuta e do estudo de tempos. Além disso, o processo industrial do gesso é citado ao fim da seção, esclarecendo as suas principais etapas.

2.1 O Sistema Toyota de Produção (STP)

O termo produção enxuta, originalmente denominado Sistema Toyota de Produção (STP), teve início no Japão, após a Segunda Guerra Mundial. A princípio, foi utilizado pela *Toyota Motor Company*, que tinha como intuito formular um sistema

prático capaz de gerir a produção de acordo com as demandas específicas por modelo e cor do veículo (CORRÊA; CORRÊA, 2012; PIERCY; RICH, 2015).

Posteriormente, Toyota Kiichiro, então presidente da Toyota, lançou o desafio de igualar a empresa, em termos de índices de desempenho, a organizações norte-americanas. Tal fato, de acordo com Ohno (2004), sustentado pela desigualdade explícita na produtividade da empresa japonesa comparada com a americana, marcou o início do STP e, conseqüentemente, da filosofia *Lean*. Contudo, antes mesmo de iniciar o sistema na prática, ou seja, começar a aplicar uma estratégia de produção orientada a produzir de acordo com a demanda, os engenheiros japoneses tiveram que conhecer os métodos americanos de produção.

Nesse cenário, o STP teve seu desenvolvimento liderado pelo engenheiro Taiichi Ohno. Na ótica de Ohno, a necessidade de reduzir desperdícios ligados a produção deveria ser considerada como base. Com isso, o Sistema Toyota de Produção estabeleceu-se sob a premissa de identificar e minimizar desperdícios nos processos produtivos (OHNO, 2004). Em suma, o STP utiliza uma produção em resposta a demanda ao invés de produzir antecipadamente, fato este que ajuda o sistema a controlar melhor o ritmo de produção (SHINGO, 1996; CHEN; COX, 2012).

2.2 *Lean Manufacturing*

Derivado do Sistema Toyota de Produção, o termo *Lean Manufacturing* surgiu como uma prática que tinha como base a busca por eliminar desperdícios. Fundamentou-se na década de cinquenta, quando o engenheiro da Toyota Taiichi Ohno começou o processo de implementação do sistema produtivo que tinha como princípio a visualização e posterior eliminação de tudo aquilo que não agregava valor para o cliente, ou seja, os desperdícios (AYENI et al., 2011; WERKEMA, 2012).

Contudo, o termo *Lean Manufacturing* tornou-se amplamente conhecido após a publicação do livro intitulado “A máquina que mudou o mundo” de autoria de Womack, Jones e Roos na década de 90. A obra trata de um vasto estudo sobre a indústria automobilística mundial realizada pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT) e ressalta as grandes diferenças em termos de qualidade, produtividade e demais benefícios acarretados pela aplicação do STP (PACHECO, 2014).

A filosofia *Lean* tem como base a proposição de combinar as diversas técnicas de gestão com as máquinas a fim de ter uma produção maior com menos recursos possíveis. Envolve alterações ao longo de todo processo produtivo, incluindo relações com fornecedores, projeto e engenharia, organização interna da fábrica e distribuição (WOMACK et al., 2004). Shiver e Eitel (2010) reforçam que a metodologia *Lean*, por ter origem em processos de manufatura, aperfeiçoa os negócios, tornando-os eficazes.

De acordo com Salgado et al. (2009, p. 354) esse tipo de pensamento “não é apenas um modelo de produção diferenciado que altera os modos usuais de manufatura em uma linha de produção. Sua implementação representa uma mudança geral na empresa.” Nesse sentido, o *Lean* promove a eliminação dos desperdícios tendo como foco o processo, buscando assim a melhoria contínua (CALDERA; DESHA; DAWES, 2017). Para Santos e Araújo (2018) tais desperdícios devem ser considerados sob o ponto de vista financeiro também, pois geram custos desnecessários.

Assim, de acordo com Ohno (2004), existem sete tipos de desperdícios que devem ser controlados que são apresentados no Quadro 1:

Quadro 1 - Os tipos de desperdícios

Superprodução	Produzir em excesso ou antecipadamente, podendo acarretar em excesso de inventário.
Espera	Períodos longos de ociosidade de pessoas, peças e informação, originando <i>lead times</i> longos.
Transporte	Compreendido pelo movimento desnecessário de peças e materiais, ocorrendo geralmente em ambientes com layouts mal planejados.
Processamento	Procedimentos ou sistemas utilizados inadequadamente, traduzido por processar mais que o necessário.
Estoque	Alto nível de armazenamento e falta de informação ou produtos, resultando em custos em excesso.
Movimentação	Deslocamento de operador sem necessidade, minimizando a produtividade do mesmo.
Defeitos	Relação direta com falhas na qualidade do produto, gerando produtos defeituosos.

Fonte: Adaptado de Ohno (2004)

A partir da identificação dos desperdícios citados no Quadro 1, a filosofia *Lean* pode ser utilizada para eliminá-los integralmente e com isso, aumentar a produtividade, ou seja, otimizando o uso de pessoas ao longo do processo, melhorando a política de estoques e racionalizando o uso de equipamentos (LIKER; MEIER, 2007; DINESH; NITIN; PRATIK, 2017). Ainda de acordo com Liker e Meier (2007), todos os desperdícios contribuem para formação dos custos diretos e indiretos de mão de obra, do custo de depreciação e dos gastos gerais com administração.

Assim, Slack, Chambers e Johnston (2009) afirmam que o princípio na qual a filosofia *Lean* se baseia é bem claro: mover-se na direção de eliminar todas as perdas a fim de otimizar as operações, tornando-as mais confiáveis, produzindo produtos e/ou serviços com mais qualidade e com custo mais baixo. Nesse sentido, para Dennis (2008), as ferramentas *Lean* atuam com o objetivo de auxiliar na detecção, avaliação e eliminação das fontes de variação e desperdício, pois, apesar de serem originadas na produção, as mesmas podem ser aplicadas em outras áreas.

2.2.1 Princípios da produção enxuta

Segundo Womack, Jones e Roos (2004), o pensamento enxuto é fundamental para a eliminação dos desperdícios notados, pois traduz-se como uma forma viável de especificar valor e operar as atividades sem interrupções e de modo mais eficaz. Os autores definiram cinco princípios fundamentais na eliminação dos desperdícios, estes resumem o pensamento enxuto e direcionam as empresas que desejam ter um sistema produtivo nos moldes da produção enxuta (BALZER; BRODKE; KIZHAKETHALACKAL, 2015). Os princípios são: especificação do valor, identificação da cadeia de valor, fluxo de valor, produção puxada e busca da perfeição (YUVAMITRA; LEE; DONG, 2017).

Do ponto de vista da especificação do valor, tem-se a afirmativa de que o cliente é quem define o que é valor em termos de produto que atenda às suas necessidades com um preço e momento específico. Ademais, a identificação da cadeia de valor para Womack, Jones e Roos (2004) consiste em separar os processos e/ou atividades que geram valor, aqueles que não geram valor, mas são importantes para a manutenção dos processos e da qualidade e por fim, os que não agregam valor e devem ser eliminados.

O fluxo de valor de acordo com Werkema (2012), é definido como todas as atividades executadas em uma organização para projetar, produzir e entregar seus produtos e/ou serviços aos clientes. Além disso, tornar a produção puxada significa dizer que a empresa produz apenas o que o cliente quer, no momento desejado. Nesse molde, os estoques são reduzidos drasticamente, o que gera grande economia para a organização. A busca pela perfeição é almejar o aperfeiçoamento contínuo, que deve servir de base para nortear todos os esforços da empresa pela otimização de seus processos (WOMACK; JONES; ROOS, 2004; DE JONG; BEELAERTS VAN BLOKLAND, 2016).

Iktrinasari e Haryanto (2014) citam que para a fase de implementação dos princípios *Lean*, uma gama de técnicas e ferramentas podem ser utilizadas para auxílio, como o Mapeamento do Fluxo de Valor. Esta é essencial na composição da filosofia *Lean*, sendo, de acordo com Tapping e Shuker (2002) um instrumento de planejamento e gerenciamento de mudanças, empregado para análise de processos baseando-se na mentalidade enxuta. Permite, de acordo com os autores, a identificação direta do fluxo, podendo servir para tomadas de decisões a nível gerencial no que tange o fluxo, acarretando em desempenho significativo dos indicadores.

Portanto, o MFV, como ferramenta *Lean*, é capaz de representar, com simbologia própria, as etapas nas quais os fluxos de materiais e informações percorrem, de acordo com que o produto segue o fluxo de valor. Auxilia no entendimento do que agrega valor ou não partindo do fornecedor até o consumidor final (ROTHER; SHOOK, 2003; SHOU et al., 2017).

Ademais, o Mapeamento do Fluxo de Valor tem como principais vantagens: análise geral dos processos, fornecimento de informações referentes ao processo em linguagem comum, facilita a tomada de decisão, permite a associação de técnicas ditas “enxutas”, expõe o fluxo de informações em paralelo ao de materiais e, a partir do estado atual mapeado, propõe condições que otimizarão o fluxo de modo a aumentar a produtividade sem desperdícios (ROTHER; SHOOK, 2012; GILL, 2012).

2.3 Estudos de tempos, cronoanálise e medida da capacidade

Nesta seção, detalham-se os elementos conceituais que integram o estudo de

tempos. Destaca-se o método de cronoanálise e sua metodologia, baseando-se na obra de Barnes (1977), além do cálculo específico para determinar a medida de capacidade.

2.3.1 Estudo de tempos

Através do estudo de tempos, pode-se controlar a padronização do processo. Slack, Chambers e Johnston (2009, p. 259) ressaltam que este estudo:

[...] é uma técnica de medida do trabalho para registrar os tempos e o ritmo de trabalho para os elementos de uma tarefa especializada, realizada sob condições especializadas, e para analisar os dados de forma a obter o tempo necessário para a realização do trabalho com um nível definido de desempenho (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009, p. 259).

Conforme Martins e Laugeni (2006), a partir do estudo de tempos, pode-se definir padrões para os sistemas de produção e, com isso, facilitar o planejamento do processo, tendo em vista que os recursos disponíveis são melhor alocados, observando o tempo necessário para a execução de cada tarefa.

2.3.2 Cronoanálise

A cronoanálise é um método aplicado para cronometrar e realizar análises do tempo que um indivíduo leva para executar uma tarefa inerente a produção, tendo um tempo de tolerância pré-definido. Segundo Peinado e Graeml (2007) o estudo de tempos realizado a partir da cronoanálise serve basicamente para medir e controlar estatisticamente a tarefa a ser realizada, calculando o Tempo Padrão (TP) que estabelece a capacidade produtiva da empresa.

Considerando a aplicação do método de cronoanálise, Barnes (1977) cita sete etapas para a sua realização, sendo, de acordo com a Tabela 1:

Tabela 1 - Etapas propostas por Barnes (1977)

(continua)

Etapa	Descrição	Observação
i. Registrar as informações	Informações inerentes à operação e ao operador em estudo	Silva e Coimbra (1980) recomendam que deve-se fazer um resumo da operação na qual será executada a cronoanálise, a fim de compreender melhor como a mesma acontece, sendo necessário também verificar as operações anteriores e posteriores, para estabelecer os pontos de início e fim da operação que serão cronometradas.
ii. Dividir a operação em elementos	Os elementos de uma operação são compreendidos como uma subdivisão da mesma, com início e fim determinados. Além disso, permite definir movimentos inúteis e anomalias existentes (MARTINS; LAUGENI, 2006).	
iii. Registrar o tempo utilizado pelo operador	A partir da observação feita pelo responsável por cronometrar as operações.	Registra-se com o auxílio de um cronômetro, prancheta e folha de observação o tempo gasto pelo operador para realizar a operação.
iv. Determinar o número de ciclos a serem cronometrados	Peinado e Graeml (2007) citam a necessidade de se obter várias tomadas de tempo para com isso, calcular uma média aritmética entre elas.	Calcula-se pela equação: $n = \left(\frac{z \times R}{E_r \times d_2 \times \bar{x}} \right)^2$ Onde: n= Número de ciclos a serem cronometrados; Z= Coeficiente da distribuição normal padrão para uma probabilidade determinada; R= Amplitude da amostra; Er= Erro relativo da medida; \bar{x} = Média da amostra; d2 = Coeficiente em função do número de cronometragens realizadas preliminarmente.
v. Avaliar o ritmo do operador	Compreende, de acordo com Slack, Chambers e Johnston (2009), análise de velocidade de trabalho desenvolvida pelo operador, baseado num desempenho padrão	Nessa etapa, deve-se levar em consideração fatores que podem influenciar na execução da tarefa, como por exemplo, esforço e velocidade do movimento. Miranda (2009) indica os coeficientes, em percentual, para avaliar o ritmo do operador, indicados pela Tabela 4.

Tabela 1 - Etapas propostas por Barnes (1977) (conclusão)

Etapa	Descrição	Observação
vi. Determinar as tolerâncias:	Tendo em vista que os operadores não executam as ações sem interrupções, deve-se conceder aos mesmos as faixas de tolerâncias. Nesse sentido, tem-se duas classificações, sendo, de acordo com Barnes (1977), a chamada tolerância pessoal, inerente ao tempo para necessidades pessoais, compreendido em torno de 2 a 5 % da jornada de trabalho por dia e a tolerância de fadiga, associada ao consumo de energia inerente ao esforço empregado pelo operador durante seu dia de trabalho.	Para Oribe et al., (2008) o fator de tolerâncias pode ser calculado usando a equação 3: $FT = 1 + (T1 + T2 + T3) \times T4$ Onde: FT = Fator de tolerância; T1 = Tolerância devido a natureza da atividade; T2 = Tolerância devido a duração do ciclo; T3 = Tolerância devido ao ambiente; T4 = Tolerância devido a temperatura e umidade.
vii. Determinar o tempo padrão para a operação	Para Rezende et al. (2016), com o cálculo desse tempo, pode-se analisar a capacidade de produção de um processo, observando também um conjunto de fatores impactantes no tempo necessário para a fabricação de um produto.	Slack, Chambers e Johnston (2009) dividem o tempo padrão em tempo normal (tempo gasto por um operador qualificado) e tolerâncias (tempo associado a descanso, relaxamento e necessidades pessoais). Assim, o cálculo do tempo padrão é feito a partir da equação 4: $TP = TN \times FT$ Onde: TP = Tempo Padrão; TN = Tempo Normal; FT = Tolerâncias. Com dados da Tabela 4, pode-se calcular o tempo normal (TN), através da equação 2: $TN = TM \times (1 + H + E)$ Onde: TM = Tempo médio cronometrado H = Habilidade E = Esforço

Fonte: Adaptado de Barnes (1977), Silva e Coimbra (1980), Peinado e Graeml (2007), Oribe et al., (2008), Miranda (2009), Slack, Chambers e Johnston (2009) e Rezende et al. (2016).

Para a etapa iv, as Tabela 2 e Tabela 3 são utilizadas para o cálculo da determinação do número de ciclos:

Tabela 2 – Distribuição normal

Probabilidade (%)	90	91	92	93	94	95
Z	1,65	1,70	1,75	1,81	1,88	1,96

Fonte: Martins e Laugeni (2006)

Tabela 3 – Coeficiente para calcular o número de cronometragens

n	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d_2	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,97	3,078

Fonte: Martins e Laugeni (2006)

Nesse tipo de estudo, o grau de confiabilidade está, geralmente, no intervalo entre 90% e 95% e o erro relativo aceitável entre 5% e 10% (PEINADO; GRAEML, 2007).

Para a etapa v, Miranda (2009) indica os coeficientes, em percentual, para avaliar o ritmo do operador, indicados pela Tabela 4.

Tabela 4 - Coeficientes de avaliação de eficiência

Cálculo de Eficiência					
Habilidade (%)			Esforço (%)		
120	A	Superior	120	A	Superior
115	B	Excelente	115	B	Excelente
110	C1	Boa	110	C1	Boa
105	C2		105	C2	
100	D	Normal	100	D	Normal
95	E1	Regular	95	E1	Regular
90	E2		90	E2	
85	F1	Fraca	85	F1	Fraca
80	F2		80	F2	

Fonte: adaptado de Miranda (2009)

2.3.3 Medida de capacidade

Uma importante informação referente ao processo é a capacidade produtiva, que para Moreira (2004), é a quantidade máxima de produtos e/ou serviços que podem ser produzidos em uma unidade produtiva, considerando um período de tempo. Pode ser obtida pela equação 5:

$$\frac{CP}{\text{Hora}} = \left(\frac{3600}{TP} \right) \times \text{Quantidade de operadores}$$

Onde:

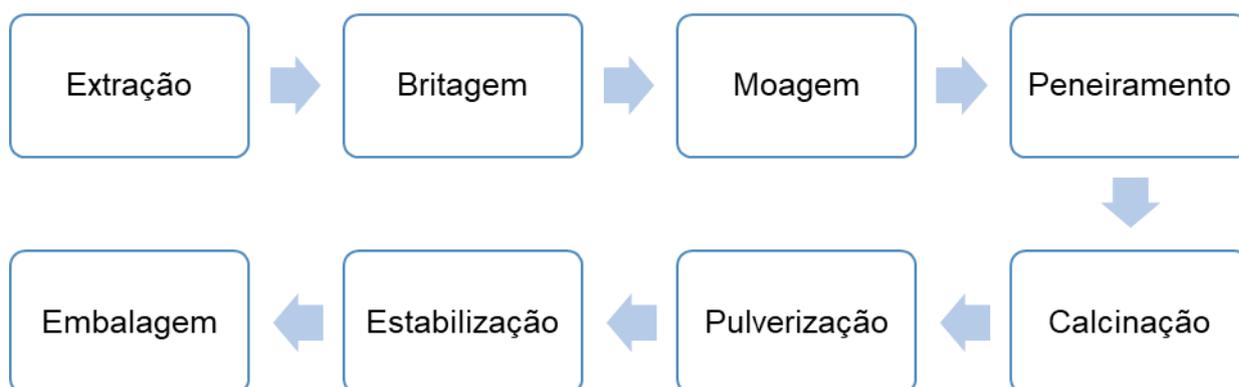
Cp = Capacidade de produção

TP = Tempo Padrão

2.4 Processo Industrial do Gesso

O processo produtivo no qual obtém-se o gesso como produto final é composto pelas etapas citadas na Figura 1, que, de acordo com Peres, Benachour e Santos (2008) compreende as etapas de extração, britagem, moagem, peneiramento, calcinação, pulverização, estabilização térmica e ensacamento.

Figura 1 - Processo produtivo do gesso



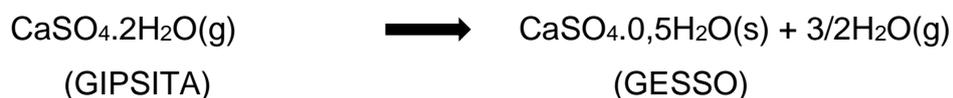
Fonte: adaptado de Peres, Benachour e Santos (2008)

Para obtenção do gesso, tem-se as oito macro etapas, sendo o início do processo dado pela fase de extração do mineral intitulado gipsita, um sulfato de cálcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$), e tem a composição estequiométrica média de 32,5% de óxido de cálcio (CaO), 46,6% de trióxido de enxofre (SO_3) e 20,9% de água (H_2O) (MUNHOZ; RENÓFIO, 2006; MENG; HU; FANG, 2015).

Na fase de britagem, executa-se a fragmentação do bloco de minério, de acordo com a granulometria, observando o uso na etapa de calcinação. Aqui, utiliza-se equipamentos próprios, os mais comuns são do tipo britadores de mandíbulas (PERES; BENACHOUR; SANTOS, 2008). O material é, na sequência, moído para que se adeque a granulometria padrão (definida em norma técnica). Logo após, há o peneiramento da gipsita, a partir de peneiras vibratórias. Na fase seguinte, tem-se a calcinação. Porém, de acordo com John e Cincotto (2007) a preparação do minério de gipsita para calcinação engloba algumas atividades realizadas ainda nas minas e/ou nas usinas de calcinação, com o intuito de reduzir a granulometria do minério, além da homogeneização e a secagem do material.

A calcinação trata-se de um processo no qual há a remoção da água, dióxido de carbono (CO₂), onde por meio do aquecimento da matéria prima em fornos ocorre a desidratação do mineral (BASTOS; BALTAR, 2003). Para esta etapa do processo, os tipos mais utilizados de fornos na região do Araripe-PE são os tipos panela, marmitta vertical, marmitta horizontal e o rotativo de queima indireta, que proporcionam uma calcinação sob pressão atmosférica, ou baixa pressão (BALTAR; BASTOS; LUZ, 2004).

Em temperaturas relativamente baixas (150°C – 170 °C), de acordo com Follner et al. (2002), a gipsita perde parte de sua composição (14% a 16% massa de água). Esta reação de desidratação e formação do hemidrato ocorre de acordo com a seguinte reação (BASTOS; BALTAR, 2003):



A calcinação pode ser feita em fornos de diferentes tipos, mas que a princípio devem garantir a distribuição e também desidratação de forma regular do material. Peres, Benachour e Santos (2008) ainda citam que, com o intuito de atingir a granulometria adequada, opta-se pela etapa de pulverização, que basicamente é onde o gesso é moído. Peres, Benachour e Santos (2008) citam que no momento da pulverização, o gesso em processamento na calcinação é submetido a moagem fina, para adquirir a granulometria adequada.

Ainda de acordo com Peres, Benachour e Santos (2008), a depender das condições de calcinação, o gesso, na etapa de estabilização pode ser submetido por um período de ensilamento para obter uma maior homogeneidade na sua composição final. Munhoz e Renofio (2006, p. 3) citam a existência de dois tipos de gesso, a depender do processo de calcinação, onde:

Dependendo do processo de calcinação da gipsita obtém-se as variedades de hemidrato conhecidas como gesso beta e gesso alfa. Nos fornos que proporcionam uma calcinação sob pressão atmosférica, é produzido gesso beta, enquanto que nos fornos do tipo autoclave, é produzido gesso alfa (MUNHOZ; RENÓFIO, 2006, p. 3).

Nesse caso, de acordo com Lira et al. (2001), o gesso do tipo alfa (α) possui alto valor agregado, com uma aplicação em áreas nobres (como por exemplo,

tratamento odontológico) e por este motivo, apresenta preços de venda mais elevados. O gesso beta (β), com custo de produção mais baixo, emprega-se em construção civil (como por exemplo, em revestimentos). Logo é armazenado em silos, com o objetivo de estabilizar o material, tornando-o mais homogêneo e estabelecendo melhor qualidade ao gesso. No fim, o gesso produzido é embalado, geralmente em sacos de 40 kg.

3 METODOLOGIA

Nesta seção do trabalho, serão detalhadas os aspectos metodológicos da pesquisa, como a caracterização e as respectivas etapas executadas.

3.1 Caracterização da pesquisa

Observando a classificação da pesquisa proposta por Ganga (2012), esta pesquisa, do ponto de vista do procedimento técnico, configurou-se como estudo de caso, no qual foi analisado o processo de mapeamento de fluxo de valor direcionado ao processo industrial de fabricação de gesso. Para Gil (2010, p. 38) o estudo de caso, tem o propósito de “explorar situações da vida real cujos limites não estão claramente definidos”.

Em relação ao propósito desta pesquisa, a mesma apresenta caráter descritivo, pois “têm como objetivo primordial a descrição das características de determinada população ou fenômeno ou, então, o estabelecimento de relações entre variáveis” (GIL, 2002, p. 42). Do ponto de vista da natureza dos resultados, esta pesquisa é definida como aplicada, pois buscou prover conhecimentos relacionados à solução de um problema particular que, para Ganga (2012) podem ser empregados na rotina da empresa. Quanto à abordagem desta pesquisa, classifica-se como qualitativa em sua maior parte. Marconi e Lakatos (2011, p. 269) afirmam que “a metodologia qualitativa preocupa-se em analisar e interpretar aspectos mais profundos, descrevendo a complexidade do comportamento humano.

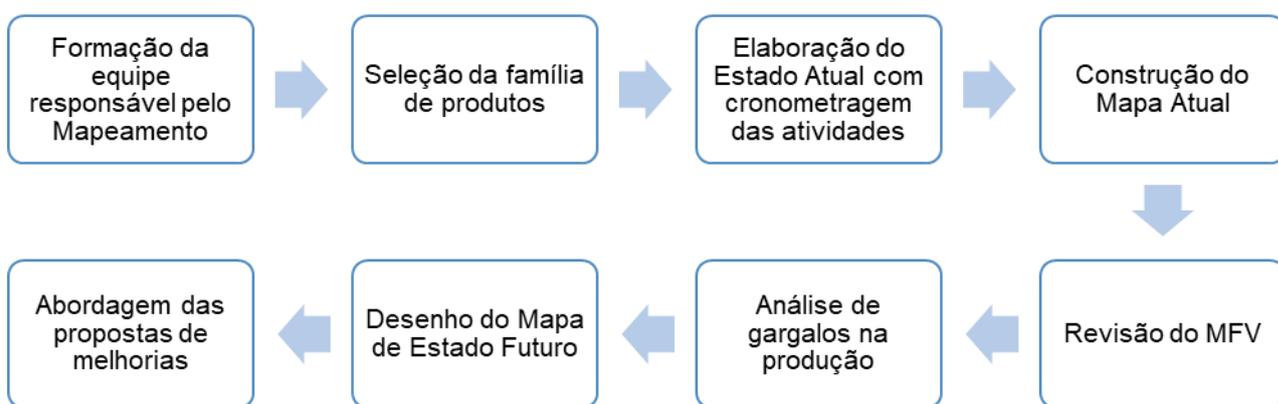
Além disso, utilizou-se nesta pesquisa a análise quantitativa, que, segundo Malhotra (2001, p.155), “a pesquisa quantitativa procura quantificar os dados e aplica alguma forma da análise estatística”. Ainda de acordo com o autor, neste tipo de

abordagem, as respostas de alguns problemas podem ser inferidas para o todo, então, a amostra deve ser muito bem definida para evitar equívocos.

3.2 Etapas da pesquisa

As etapas da pesquisa seguiram a ordem proposta por Rother e Shook (2003), conforme a Figura 2:

Figura 2 – Etapas da pesquisa



Fonte: Autoria própria (2018)

Na primeira etapa, teve a constituição da equipe que atuou na elaboração do MFV. Aqui, tem-se a participação de colaboradores da empresa que conhecem o processo de produção completo. Nessa fase, definiu-se o gerente do fluxo de valor, responsável por nortear os demais em relação as informações coletadas.

No segundo momento, selecionou-se a família de produtos. Nesse caso, foi escolhido o produto que engloba a maior parte das operações de fabricação e que é mais vendido pela empresa. Tal escolha justificou-se pelo fato do produto analisado representar um percentual significativo de produção e ter mais importância, do ponto de vista econômico-financeiro, para a empresa e, conseqüentemente para o cliente final.

Na terceira etapa foi desenhado o estado atual juntamente com a cronometragem das atividades. Aqui, envolveu a equipe responsável pelo MFV para esboço e análise da conjuntura atual da empresa. Teve ainda, a coleta dos dados das variáveis que compuseram o Mapa Atual do processo, sendo, entre elas, o tempo de ciclo, tempo de *setup*, número de operadores, *takt time* e o *lead time* do processo

produtivo. Em seguida, após a junção das informações do estado atual feita anteriormente, o desenho do mapa atual foi realizado. Para este propósito, utilizou-se o *software* Microsoft® Office Visio®, o qual é direcionado para este tipo de atividade, dispondo da simbologia adequada e utilizada pela literatura.

Na etapa consecutiva, revisou-se o MFV elaborado com o intuito de averiguar se todas as atividades, processos e fluxos importantes foram notados, assim como verificar a presença de erros que prejudique os dados obtidos. Nessa fase, a contribuição de toda equipe que trabalhou no estudo foi de extrema importância, onde, a partir das opiniões e/ou percepção de cada membro, pôde-se obter um mapeamento mais significativo, ou seja, com maior grau de proximidade com a realidade local.

Logo, após a revisão do mapeamento, identificou-se a presença de gargalos e limitantes na produção. Nessa ocasião, verificou-se as atividades que agregam ou não valor além da possibilidade de observar se há desperdícios e onde estão concentrados. Nessa atividade, a equipe pôde analisar quais melhorias podem ser feitas e como podem ser implantadas. No desenho do mapa de estado futuro, incorporou-se as mudanças sugeridas, remodelando o mapa antes elaborado. Ou seja, a construção de um novo mapa com as melhorias identificadas.

Por fim, foi elaborado e apresentado a proposição de melhorias aos gestores locais. Nessa fase, todas as ações que podem otimizar a produção foram apresentadas de modo que estas representem ganhos para a organização. Além disso, visando a elaboração de soluções, aplicou-se a ferramenta da qualidade 5W1H.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Esta seção descreve os resultados encontrados, a partir da metodologia utilizada. Além disso, esclarece o tratamento dos dados, os cálculos feitos e discute os estados atual e futuro no qual o processo foi mapeado.

4.1 Formação da equipe de trabalho que atuou no mapeamento fluxo valor

O MFV é um exercício que indica-se ser desenvolvido por uma equipe e deve envolver representantes de todas as áreas dentro do processo. Nesse sentido, para constituir o grupo que atuou na discussão e elaboração do MFV, colaboradores que

atuam diretamente no processo produtivo que está sendo mapeado foram selecionados, sendo a equipe formada pela gerente de produção, um dos calcinadores, o mecânico e o diretor da empresa.

4.2 Escolha da família de produtos

Na empresa estudada, durante o período da pesquisa, o processo produtivo estava direcionado para fabricação do gesso de revestimento. Salienta-se que além deste item, a organização trabalha com fabricação de gesso tipo cola, placas, gesso de fundição e divisórias, contudo, as linhas de produção destes artigos encontram-se paradas. Nesse caso, o produto escolhido para observação de seu processo foi o gesso de revestimento, um dos produtos com maior número de vendas na empresa.

4.3 Desenho do estado atual e cronometragem das atividades

Para a estruturação do estado atual, a metodologia executada determina como etapa inicial a execução dos tempos e cronoanálise e a medida da capacidade. Na sequência, de posse desses dados, pode-se elaborar o mapeamento do processo, que nesse caso se deu a partir de reuniões com a equipe definida para esta atividade.

4.3.1 Estudo de tempos, cronoanálise e medida da capacidade

4.3.1.1 *Coleta de dados*

Os dados para esta fase da pesquisa foram coletados entre o período de 15/01/2018 a 18/01/2018, sendo inicialmente observados e registrados os tempos iniciais necessários para o cálculo do número de ciclos. Após esta definição, foram realizadas as demais coletas necessárias para a elaboração do mapeamento.

4.3.1.2 *Coleta de tempos*

Por meio de um cronômetro digital e o auxílio de uma prancheta com tabela destinada para o preenchimento dos dados, foram coletadas 7 medições de cada um

dos 5 processos que compõem o sistema de produção da empresa. A Tabela 5 mostra a relação dos tempos coletados das respectivas atividades, tendo como base um lote de aproximadamente 95 sacos de gesso.

Tabela 5 - Tempos para definição do número de ciclos

Processos	Tempos Coletados (segundos)						
	1	2	3	4	5	6	7
Britagem	1025	1068	1101	1022	1005	1043	1059
Rebritagem	1002	971	1054	1017	950	1011	962
Calcinação	4110	4140	4215	4125	4145	3959	4166
Moinho	1210	1325	1195	1211	1229	1180	1205
Ensacamento	760	855	665	760	855	760	665

Fonte: Autoria própria (2018)

Em seguida, foram obtidos os valores das variáveis que compõem a equação 1, destinada à definição do número de ciclos. Neste caso, utilizando o grau de confiança de 95% fornecido pela Tabela 2, o valor de coeficiente de número de cronometragens da Tabela 3 e erro relativo da medida de 5%, chegou-se a os dados da Tabela 6.

Tabela 6 - Determinação do número de ciclos

Processos	Variáveis de determinação do nº de ciclos					
	\bar{x}	R	z (95%)	E_r	d_2	n
Britagem	1046,14	96	1,96	0,05	2,704	1,77
Rebritagem	995,29	104	1,96	0,05	2,704	2,30
Calcinação	4122,86	256	1,96	0,05	2,704	0,82
Moinho	1222,14	145	1,96	0,05	2,704	2,95
Ensacamento	760	190	1,96	0,05	2,704	13,14

Fonte: Autoria própria (2018).

Logo, para atender o número de ciclos determinado, foram coletados 13 tempos para cada processo, satisfazendo assim, o maior valor calculado para n e consequentemente para todos os outros.

4.3.1.3 Determinação do tempo normal (TN) e do tempo padrão (TP)

Através das cronometragens executadas inicialmente, foi estabelecido o número de coletas de dados necessário para a definição do tempo de ciclo de cada atividade do sistema de produção. Na Tabela 4 define-se a habilidade e esforço empregado nas atividades do processo, onde, por meio da equação 2, foram definidos os tempos normais (TN) de cada atividade (Tabela 7).

Tabela 7 - Tempo Normal dos processos

Processos	Cálculo do tempo normal (TN)				
	TC Médio (s)	Habilidade	Esforço	Eficiência	TN (s)
Britagem	1130	0,06	0,10	1,16	1310,80
Rebritagem	1007	0	0	1	1007
Calcinação	4111	0,06	0,05	1,11	4563,21
Moinho	1214	0	0	1	1214
Ensacamento	759	-0,05	0,02	0,97	736,23
Total	-	-	-	-	8831,24

Fonte: Autoria própria (2018)

Com a definição dos tempos normais para cada atividade do processo, pôde-se calcular o fator de tolerância, sendo estes, utilizados com base nas tabelas encontradas na literatura. Assim, a partir desses valores, foi calculado o tempo padrão de cada atividade. A Tabela 8 apresenta os dados para as respectivas atividades.

Nota-se que os processos de rebritagem e moinho não possuem valor para Fator de Tolerância, pois são processos automatizados e sofrem pouca influência do ambiente externo. Diante do exposto, é possível notar, com a definição dos Tempos Padrões de cada atividade, que a operação de calcinação caracteriza-se como o gargalo da produção, pois tem o maior TP do processo produtivo.

Tabela 8 - Determinação do Tempo Padrão de cada processo

Processos	Cálculo de Tempo Padrão TP (s)		
	TN (s)	Fator de Tolerância	TP (s)
Britagem	1310,80	1,75	2294
Rebritagem	1007	-	1007
Calcinação	4563,21	1,40	6389
Moinho	1214	-	1214
Ensacamento	736,23	1,96	1443
Total	-	-	12347

Fonte: Autoria própria (2018)

4.3.1.4 Medida da capacidade

Nessa etapa, utilizando os dados da Tabela 9 juntamente com a Equação 5, calcula-se a capacidade produtiva (CP) local por hora de cada processo de forma individual, assim como, a capacidade produtiva total. Tais valores encontrados para capacidade, significam lotes de 95 sacos (em média) de produto acabado. Além disso, a quantidade de operadores/máquinas na operação influencia diretamente no cálculo da capacidade, conforme Tabela 9.

Tabela 9 - Determinação da capacidade produtiva

Processos	Cálculo da capacidade produtiva			
	TP (s)	Quant. Operadores	CP/Hora	CP/Dia
Britagem	2293,9	1	1,57	13
Rebritagem	1007	-	3,57	29
Calcinação	6388,5	2	1,13	9
Moinho	1214	-	3	24
Ensacamento	736,23	1	4,89	39

Fonte: autoria própria (2018)

Pode-se observar que a etapa de calcinação apresenta capacidade produtiva inferior as demais etapas do processo, sendo então, o fator limitante do sistema e conseqüentemente o gargalo. Além disso, a etapa de britagem também apresenta baixa capacidade produtiva, caracterizando-se como um outro gargalo inerente ao processo.

4.4.2 Desenho do estado atual

A construção do mapeamento do processo se deu a partir de reuniões com a equipe definida para esta atividade. Nestes encontros, foram abordadas questões ligadas à produção, tais como: descrição de cada atividade, limitantes, capacidade, fatores que agregam valor ao produto e especificações do processo.

4.5 Desenho do mapa atual

Seguindo a obra de Rother e Shook (2003), foi desenvolvido o Mapa do Estado Atual, reportado na Figura 3, disposta no Anexo A.

4.6 Revisão do MFV

Nessa fase do trabalho, fez-se uma revisão com o objetivo de analisar o mapeamento feito e assim identificar algum erro e/ou equívoco na construção do mapa em seu estado atual. Logo, após análise por todos da equipe, constatou-se a ausência de erros ou dados inconsistentes.

4.7 Identificação dos problemas na produção

Aqui, pôde-se notar, com base no mapeamento atual, desperdícios inerentes ao processo produtivo do gesso. Nesse sentido, como resultado do mapeamento do fluxo de valor na empresa em estudo foram notados alguns pontos de desperdício:

- Excesso de Produção ou Superprodução: devido a um desequilíbrio na linha de produção somado ao planejamento de produção local deficiente,

observa-se que há uma produção maior do que a demanda, acarretando num aumento de estoque de produtos acabados.

- Estoques: no local há um alto nível de estoque inicial da matéria prima (gipsita), se comparado com a quantidade utilizada desse material num turno de trabalho. Este justifica-se, de acordo com a gerência da produção, como sendo uma reserva que garante a alimentação do processo fabril caso haja problemas com o fornecedor do insumo. Contudo, não se tem estudos que comprovem que a quantidade ali depositada reflete esta necessidade.
- Movimento desnecessário: devido ao atual *layout* da empresa, ocorre uma grande movimentação do funcionário responsável pelo processo de calcinação para acessar a sala técnica, local onde o mesmo controla o funcionamento dos fornos e temperatura das chaminés (para análise da necessidade de alimentar os fornos com lenha).

4.8 Desenho do mapa de estado futuro

Para construção do estado futuro, do ponto de vista metodológico, iniciou-se com a determinação do *takt time* e do *lead time*. Com base nas informações do estado atual, pôde-se desenhar o estado futuro com as indicações de melhoria.

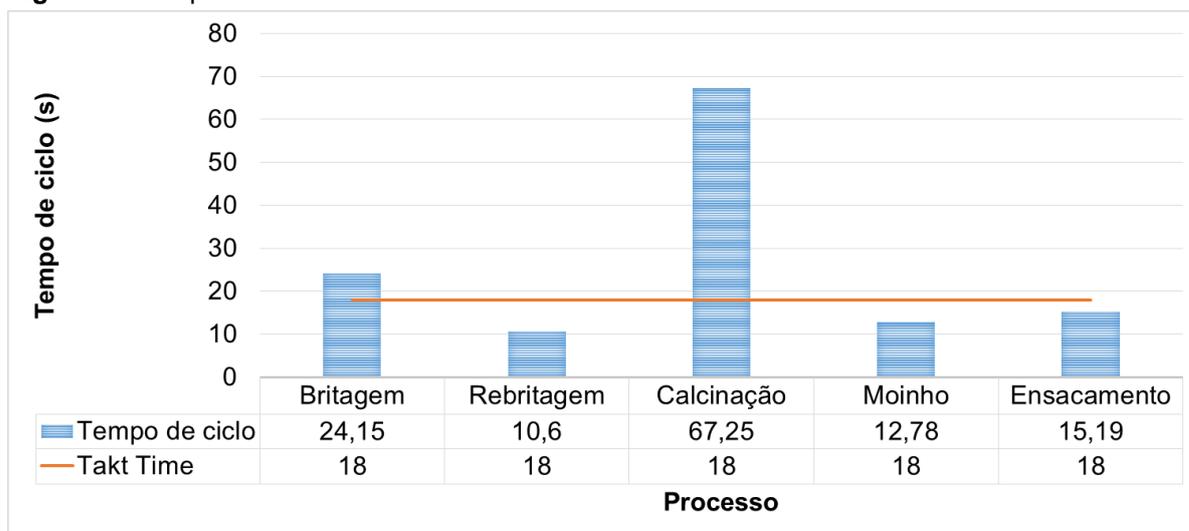
4.8.1 Produzir de acordo com o *takt time*

Para calcular o *takt time* do gesso, foi utilizado o tempo disponível de trabalho por turno é de 28.800 s e considerando a demanda do cliente de 1064 kg de gesso por mês. Logo, tem-se que:

$$takt\ time = \frac{28.800\ s}{1604} = 18\ s / saco$$

Assim, tem-se a frequência e/ou ritmo com que se deve produzir uma peça, no caso um saco de gesso, baseado no ritmo das vendas da empresa, para atender a demanda do cliente. A Figura 5 apresenta o tempo de ciclo *versus* os processos no estado atual.

Figura 5 - Tempo de ciclo versus takt time



Fonte: autoria própria (2018)

A partir do gráfico apresentado na Figura 5, nota-se que as operações de Britagem e Calcinação estão acima do *takt time*. Esses processos que encontram-se acima do *takt time* retratam uma desvantagem competitiva para a empresa, pois significa que a mesma não está conseguindo atender a demanda solicitada.

4.8.2 Desenho do estado futuro

Baseando-se no levantamento de informações e dados sobre o sistema produtivo local e também com auxílio do Mapa do Estado Atual tornou-se claro que o alto valor do *lead time* ocasiona-se devido aos estoques dispostos no início do processo e ao longo do mesmo. Além disso, ressalta-se a importância de se estudar o processo de calcinação, indicado como processo gargalo, a partir da observação do elevado tempo de ciclo em relação ao *takt time*, o que acarreta em um desequilíbrio no ritmo para atender a demanda.

Assim, este gargalo principal do processo, a calcinação, pode ser tratado a partir de estudos diretamente sobre o forno utilizado para este fim. Tais análises podem ser feitas com o intuito de se observar e/ou determinar o rendimento do mesmo, sendo recomendado para isto:

1. Controle automatizado de temperatura dos fornos com a instalação de termopares;

2. Estudo para determinação da quantidade de lenha necessária adicionada ao forno para atingimento da temperatura recomendada de calcinação;
3. Realização de testes com abastecimento das fornalhas com lenha em formato de corte menor;
4. Controle eficiente da granulometria do minério que direciona-se para calcinação;
5. Caracterização da qualidade da gipsita, em termos de porcentagem de pureza, utilizada no processo fabril.

Para reduzir o estoque inicial de matéria prima, foi sugerido um supermercado para lotes de gipsita e para reposição de sacos utilizados no processo de ensacamento. A etapa final, onde o gesso é colocado em sacos para expedição, identificou-se a necessidade de automatizar este processo. Para isto, a instalação de uma balança automática pode ser viável, pois, com este equipamento é possível se ter um processo de enchimento com maior velocidade, além de garantir uma maior precisão na massa por saco. Como principal consequência, ter-se-ia desperdício a nível mínimo no ensacamento em termos quantitativos, além de evitar problemas com a rotatividade de mão de obra nesta atividade.

Outro ponto recomendado é a implantação de um sistema *kanban* para o fornecimento do minério e de lenha. Por outro lado, com o intuito de duplicar a capacidade de produção na etapa de moagem do gesso, indica-se que seja feito um estudo de viabilidade econômica, com base na relação custo benefício, para instalação de um novo moinho, pois o atual encontra-se sobrecarregado devido ao alto volume de gesso submetido ao mesmo. Nesse caso, o tempo de ciclo aproximar-se-ia do *takt time*, o que é indicado para equilibrar a linha produtiva. Para esta melhoria, o estudo de viabilidade da compra do equipamento, auxiliado por uma previsão da demanda, bem como, a elaboração de um planejamento agregado, é sugerido para um estudo futuro.

Em relação a possível melhoria que vise a minimização da movimentação desnecessária indica-se a realização de um estudo do *layout* com o objetivo de possibilitar a diminuição da movimentação interna, ficando como sugestão para um complemento do trabalho e/ou estudo futuro. Logo, o estado futuro do processo em estudo pode ser visualizado na Figura 6 (Anexo B).

4.9 Propostas de melhorias (plano de ação)

Baseando-se na identificação de melhorias ao longo do processo industrial do gesso, assim como nos desperdícios notados a partir do mapeamento construído, foi possível a elaboração do plano de ação - 5W1H conforme Quadro 2 no Anexo C, direcionado a minimização das fontes de desperdício.

4.10 Comparações entre o estado atual e futuro

Logo, com as ações definidas no planejamento exposto no Quadro 2, pode-se identificar possibilidade de alguns avanços quanto ao processo produtivo do gesso. Por outro lado, como consequência das possíveis alterações que poderão ser executadas futuramente, espera-se que o tempo de ciclo e o *lead time* melhorem.

Nesse sentido, o presente estudo apontou, com base nos estudos de cronoanálise, os gargalos existentes no processo, não sendo possível apontar redução imediata dos tempos de processamento e capacidade produtiva, tendo em vista a necessidade de estudos mais aprofundados no processo local, principalmente em relação aos fornos utilizados na etapa de calcinação e também o quantitativo de material desperdiçado ao longo do processo. Assim, poderá ser definido com maior precisão a quantidade de material que entra e sai em cada processo, considerando as perdas e eficiência.

Portanto, do ponto de vista qualitativo, a análise de melhorias reflete em:

- Qualidade dos processos atuais;
- Minimização do quantitativo de produtos em estoque;
- Melhor atendimento a demanda dos clientes;
- Organização do ambiente de trabalho

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente estudo, desenvolvido por meio da ferramenta *Lean* Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), possibilitou identificar os desperdícios no processo produtivo em uma empresa fabricante de gesso, localizada no polo gesseiro do Araripe. Tal ferramenta, auxilia no entendimento do comportamento do fluxo de informações e

materiais no qual o produto encontra-se, englobando do fornecedor ao consumidor final. Assim, a partir da utilização da ferramenta Mapeamento de Fluxo de Valor (MFV), o estudo pôde responder a problemática definida, ou seja, apontar quais os prováveis desperdícios e gargalos que o mapeamento de fluxo de valor pode auxiliar a identificar em uma empresa do setor do gesso.

Nesse sentido, com a escolha do gesso de revestimento para mapear, foi possível notar os gargalos que minimizam a capacidade do processo local. Com base nos estudos de tempos (cronoanálise), observou-se que a operação de calcinação é o gargalo do sistema de produção, apresentando um Tempo Padrão de 6338,5 s, o que representa aproximadamente 55% do tempo total de processamento para produção de um lote com, em média, 95 sacos de 40 kg cada.

Para este processo específico de calcinação do gesso, realizado em fornos rotativos tubulares, pode-se sugerir algumas alternativas de estudos que poderão reduzir o tempo de ciclo desta etapa, sendo, a princípio, avaliação de rendimento dos fornos. Tais análises são recomendadas para aumento da eficiência dos fornos e com isso, utilização de menos recursos para produção, tais como tempo e combustíveis para aquecimento das fornalhas. Além disso, visando a redução do estoque inicial de matéria prima, foi recomendado inserir um supermercado para lotes de gipsita e para reposição de sacos utilizados no processo de ensacamento. Com isso, evita-se a disposição de minério na área interna da empresa, o que ocupa grande área da mesma.

Diante do exposto, identificou-se a necessidade de automatizar este processo. Para isto, o trabalho indicou a instalação de uma balança automática, pois, com este equipamento pode-se possibilitar ter um processo de enchimento com maior velocidade, além de garantir uma maior precisão na massa por saco. Como principal consequência, ter-se-ia desperdício a nível mínimo no ensacamento em termos quantitativos, além de evitar problemas com a rotatividade de mão de obra nesta atividade. Por fim, vale ressaltar que a partir da construção e análise do mapa em seu estado futuro, poderá se ter uma continuação de estudos e/ou ações que visem a melhoria contínua do processo local.

Portanto, com as propostas citadas no presente estudo, comprova-se a importância de se ter o mapeamento do processo para visualização de oportunidades de otimização dos recursos e redução de limitantes. Espera-se então que este

trabalho sirva de base para implementação de melhorias ao longo do processo de fabricação do gesso, desde a recepção da matéria prima a expedição do gesso para distribuição no mercado.

REFERÊNCIAS

- AOMAR, R. A. Handling multi-lean measures with simulation and simulate dannealing. **Journal the Franklin Institute**, v. 348, n. 7, p. 1506-1522, 2011. <https://doi.org/10.1016/j.jfranklin.2010.05.002>
- AYENI, P.; BAINES, T.; LIGHTFOOT, H.; BALL, P. State-of-the-art of 'Lean' in the aviation maintenance repair, and overhaul industry, Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers, Part B: **Journal of Engineering Manufacture**, v. 225, n. 11, p. 2108-2123, 2011. <https://doi.org/10.1177/0954405411407122>
- BALTAR, C. A. M.; BASTOS, F. F.; LUZ, A. B. **Diagnóstico do pólo gesseiro de Pernambuco (Brasil) com ênfase na produção de gipsita para fabricação de cimento**. Pernambuco, 2004.
- BALZER, W.K.; BRODKE, M.H.; KIZHAKETHALACKAL, T. E. Lean higher education: successes, challenges, and realizing potential. **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 32, n. 9, p.924-933, 2015. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-08-2014-0119>
- BARNES, R. M. **Estudo de tempos e movimentos: projeto e medida do trabalho**. Tradução de Sergio Luis Oliveira Assis, José S. Guedes Azevedo e Arnaldo Pallota. 6. ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.
- BASTOS, F. F.; BALTAR, C. A. M., Avaliação dos processos de calcinação para produção de gesso Beta. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE QUÍMICA, 43., 2003. [Anais...]. Minas Gerais, 2003.
- BELLISARIO, A.; PAVLOV, A. Performance management practices in lean manufacturing organizations: a systematic review of research evidence, **Production Planning & Control**, v. 29, n. 5, p. 367-385, 2018. <https://doi.org/10.1080/09537287.2018.1432909>
- CALDERA, H.T.S.; DESHA, C.; DAWES, L. Exploring the role of lean thinking in sustainable business practice: A systematic literature review. **Journal of Cleaner Production**, v. 167, p. 1546–1565, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.05.126>
- CHEN, J.C.; COX, R.A. Value stream management for lean office - a case study. **American Journal of Industrial and Business Management**, v. 2, p. 17-29, 2012. <https://doi.org/10.4236/ajibm.2012.22004>
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. **Administração de produção e operações – manufatura e serviços: uma abordagem estratégica**. 3. ed. São Paulo: Editora Atlas S.A., 2012.
- DE JONG, S. J.; BEELAERTS VAN BLOKLAND, W. W. A. Measuring lean implementation for maintenance service companies. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 7, n. 1, p. 35–61, 2016. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-12-2014-0039>
- DENNIS, P. **Produção lean simplificada**. Porto Alegre: Bookman, 2008.
- DINESH, S.; NITIN, S.; PRATIK, D. Application of Value Stream Mapping (VSM) for lean and cycle time reduction in complex production environments: A case study. **Production Planning & Control**, v. 28, p. 398–419, 2017. <https://doi.org/10.1080/09537287.2017.1300352>

DOUGLAS, J.; ANTONY, J.; DOUGLAS, A. Waste identification and elimination in HEIs: the role of Lean thinking, **International Journal of Quality & Reliability Management**, v. 32, n. 9, p. 970-981, 2015. <https://doi.org/10.1108/IJQRM-10-2014-0160>

FOLLNER, S.; WOLTER, A.; PREUSSER, A.; INDRIS, S.; SILBER, C.; FOLLNER, H. The Settings Behavior of Beta- and Alpha-CaSO₄ x 0,5 H₂O as Function of Crystal Structure and Morphology. **Crystal Research Technology**, v. 37, n. 10, p. 10075- 1087, 2002. [https://doi.org/10.1002/1521-4079\(200210\)37:10<1075::AID-CRAT1075>3.0.CO;2-X](https://doi.org/10.1002/1521-4079(200210)37:10<1075::AID-CRAT1075>3.0.CO;2-X)

GANGA, G. M. D. **Trabalho de conclusão de curso (TCC) na engenharia de produção: um guia prático de conteúdo e forma**. São Paulo: Atlas, 2012.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 5. ed. São Paulo: ATLAS, 2010.

GILL, P.S. Application of value stream mapping to eliminate waste in an emergency room. **Journal Global Journal of Medical Research**, v. 12, p. 51-56, 2012.

IAMMARINO, S.; MCCANN, P.; ORTEGA-ARGILÉS, R. International business, cities and competitiveness: recent trends and future challenges, **Competitiveness Review: An International Business Journal**, v. 28:3, p.236-251. 2018. <https://doi.org/10.1108/CR-10-2017-0070>

IKATRINASARI, Z. F.; HARYANTO, E. I. Implementation of lean service with value stream mapping at directorate airworthiness and aircraft operation, ministry of transportation republic of indonesia. **Journal of Service Science and Management**, v. 7, p. 291-301, 2014. <https://doi.org/10.4236/jssm.2014.74026>

JOHN, V. M.; CINCOTTO, M. A. Gesso de construção civil. In: ISAIA, G. C. **Materiais de construção civil**. São Paulo: Ibracon, 2007. p. 727-760.

KARUNAKARAN, S. Innovative application of LSS in aircraft maintenance environment. **International Journal of Lean Six Sigma**, v. 7, n. 1, p. 85–108, 2016. <https://doi.org/10.1108/IJLSS-01-2015-0001>

LIKER, J. K.; MÉIER, D. **O Modelo Toyota: Manual de aplicação**. Porto Alegre: Bookman, 2007.

LIRA, A. C. P. L.; AMARAL, A. J. R.; DANTAS, J. O. C.; DANTAS, J. R. A. **Gipsita: balanço mineral brasileiro**. DNPM/PE, 2001.

MALHOTRA, N. **Pesquisa de marketing**. 3.ed. Porto Alegre: Bookman, 2001.

MARCONI, M. A. LAKATOS, E. M. **Metodologia científica**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2011.

MARTINS, P. G. LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. São Paulo: Saraiva, 2006.

MENG, T.; HU, Y.; FANG, R. Study of fracture toughness and weakening mechanisms in gypsum interlayers in corrosive environments. **Journal of Natural Gas Science and Engineering**, v. 26, p. 356–366, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jngse.2015.06.027>

MIRANDA, D. **Cronoanálise e o lean manufacturing**. Artigo diretório de artigos gratuitos. 2009.

MOREIRA, D. A. **Administração de produção e operações**. São Paulo: Pioneira, 2004.

MUNHOZ, F. C.; RENÓFIO, A. Uso da Gipsita na Construção Civil e Adequação para a P+L. In: XIII SIMPEP - Bauru, SP, Brasil. **Anais... SIMPEP**, SP, 2006. Disponível em: <http://www.simpep.feb.unesp.br/anais/anais_13/artigos/761.pdf> Acesso em: 02 jul. 2018.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção**: além da produção em larga escala. Porto Alegre: BOOKMAN, 2004.

ORIBE, Y. C.; OLIVERA NETO, G.; MORAIS, M. L.; MAGALHÃES, V. F. **Avaliação da capacidade de produção cronoanálise industrial**. Qualypro, 2008.

PACHECO, D. A. J. Teoria das restrições, lean manufacturing e seis sigma: limites e possibilidades de integração. **Production**, v. 24, n. 4, p. 940-956, 2014. <https://doi.org/10.1590/S0103-65132014005000002>

PEINALDO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção**: operações industriais e de serviços. Curitiba: Editora UnicenP, 2007.

PERES, L.; BENACHOUR, M.; SANTOS, V. A. **O gesso**: produção e utilização na construção civil. Recife: Bagaço, 2008.

PIERCY, N.; RICH, N. The relationship between lean operations and sustainable operations. **International Journal of Operations & Production Management**, v. 35, n. 2, p. 282-315, 2015. <https://doi.org/10.1108/IJOPM-03-2014-0143>

RAHANI, A.R.; AL-ASHRAF, M. Production flow analysis through value stream mapping: a lean manufacturing process case study. **Procedia Engineering**. v. 41, p. 1727-1734, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2012.07.375>

REZENDE, P. A.; MARTINS, T. L. R.; ROCHA, M. F. Aplicação do estudo de tempos e movimentos no setor administrativo: estudo de caso em uma empresa mineradora. **Revista Eletrônica Produção & Engenharia**, v. 8, n. 1, p.653-665, 2016. <https://doi.org/10.18407/issn.1983-9952.2016.v8.n1.p653-665>

ROTHER, M.; SHOOK, J. **Aprendendo a enxergar**: Mapeando o fluxo de valor para agregar valor e eliminar o desperdício. São Paulo: Lean Enterprise Institute, 2003.

SALGADO, E. G.; MELLO, C. H. P.; SILVA, E. S.; OLIVEIRA, E. S.; ALMEIDA, D. A. Análise da aplicação do mapeamento do fluxo de valor na identificação de desperdícios do processo de desenvolvimento de produtos. **Gestão e Produção**, v. 16, n. 3, p. 344-356, 2009. <https://doi.org/10.1590/S0104-530X2009000300003>

SANTOS, P. V. S.; ARAÚJO, M. A. Aplicação de ferramentas lean no setor de logística: um estudo de caso. **Revista Gestão em Análise**, v. 7, n. 2, p. 168-183, 2018. <https://doi.org/10.12662/2359-618xregea.v7i2.p168-183.2018>

SANTOS, P. V. S.; OLIVEIRA, T. C. T. Case study on the application of quality tools in service level management. **ITEGAM- Journal of Engineering and Technology for Industrial Applications (ITEGAM-JETIA)**, v. 5, p. 75-81, 2019. <https://doi.org/10.5935/2447-0228.20190011>

SHINGO, S. **O Sistema Toyota de produção do ponto de vista da engenharia de produção**. 2. ed. Porto Alegre, 1996.

SHIVER, J. M.; EITEL, D.; **Optimizing emergency departmentthroughput**: Operations management solutions for health care decisionmakers. New York: Taylor & Francis Group. 2010.

SHOU, W.; WANG, J.; WU, P.; WANG, X. ; CHONG, H-Y. A cross-sector review on the use of Value Stream Mapping. **International Journal of Production Research**, v. 55, n. 13, p. 3906-3928, 2017. <https://doi.org/10.1080/00207543.2017.1311031>

SILVA, A. V.; COIMBRA, R. R. C. **Manual de tempos e métodos**: Princípios e técnicas do estudo de tempos. Editora Hemus, 1980.

SINDUSGESSO. **Polo gesseiro do Araripe**: potencialidades, problemas e soluções. Site institucional. 2019.

SLACK, N.; CHAMBERS, R. J; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. São Paulo: Atlas, 2009.

STEVENSON, W. J. **Administração das operações de produção**. 6.ed. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

TAPPING, D.; SHUKER, T. **Value stream management for the lean office**: 8 steps to planning, mapping and sustaining lean improvements in administrative areas. New York: Productive Press, 2002. <https://doi.org/10.4324/9781482278163>

TYAGI, S.; CHOUDHARY, A.; CAI, X.; YANG, K. Value Stream Mapping to reduce the lead-time of a product development process. **International Journal of Production Economics**, v. 160, p. 202–212, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.ijpe.2014.11.002>

WERKEMA, C. **Lean Seis sigma**: introdução às ferramentas do Lean Manufacturing. 2. ed.: Elsevier, 2012.

WOMACK, J.; JONES, D. T.; ROOS, D. **A máquina que mudou o mundo**. São Paulo: Campus, 2004.

XIA, W. SUN, J. Simulation guided value stream mapping and lean improvement: A case study of a tubular machining facility. **Journal of Industrial Engineering and Management**. p. 456-476, 2013. <https://doi.org/10.3926/jiem.532>

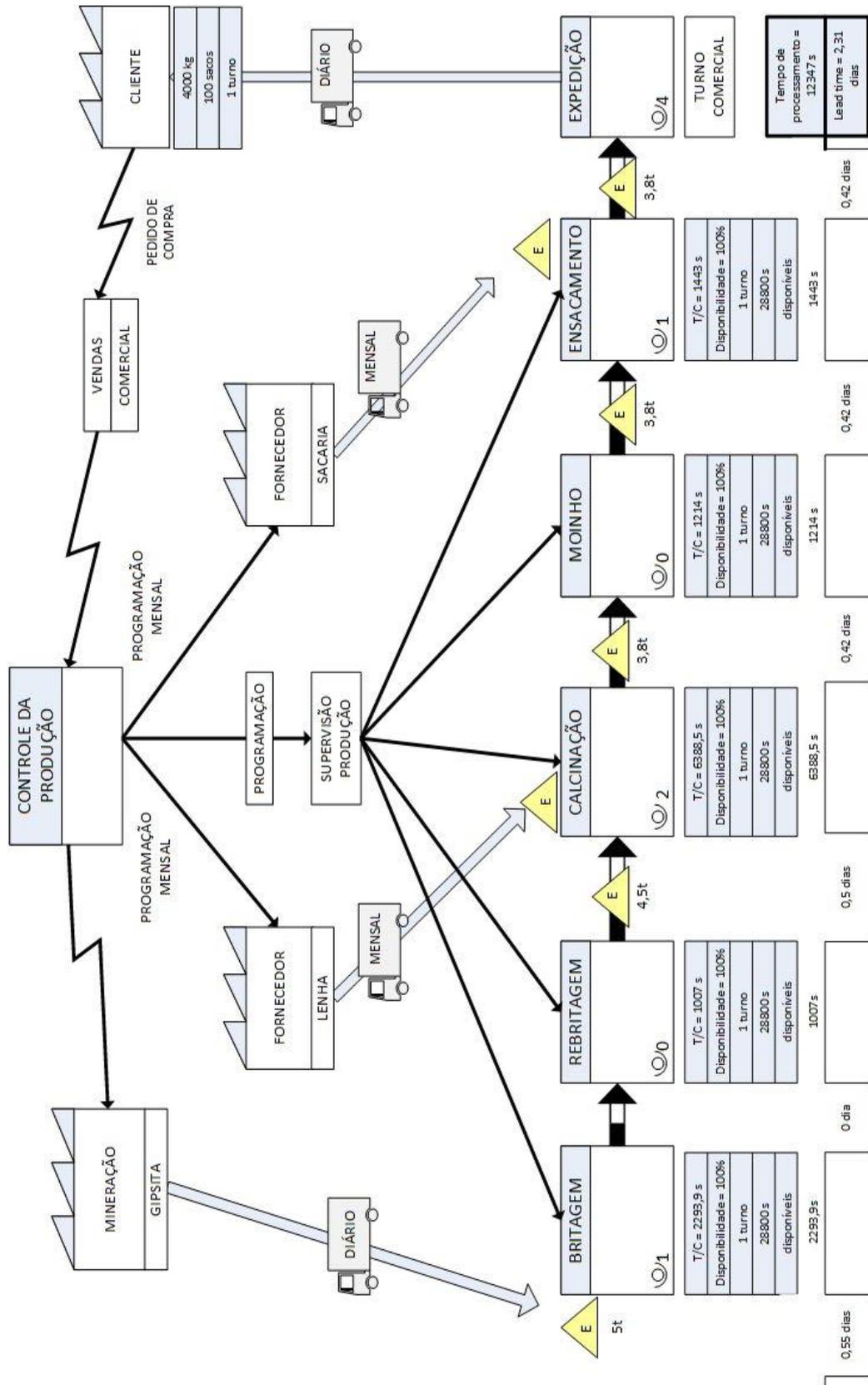
YUVAMITRA, K.; LEE, J.; DONG, K. Value Stream Mapping of Rope Manufacturing: A Case Study. **International Journal of Sustainable Engineering**, v. 2017, p. 1-11, 2017. <https://doi.org/10.1155/2017/8674187>

ZAHRAEE, S. M.; HASHEMI, A.; ABDI, A. A.; SHAHPANAH, A.; ROHANI, J. M. Lean Manufacturing Implementation Through Value Stream Mapping: A Case Study. **Jurnal Teknologi**, v. 68, n. 3, p.119-124, 2014. <https://doi.org/10.11113/jt.v68.2957>



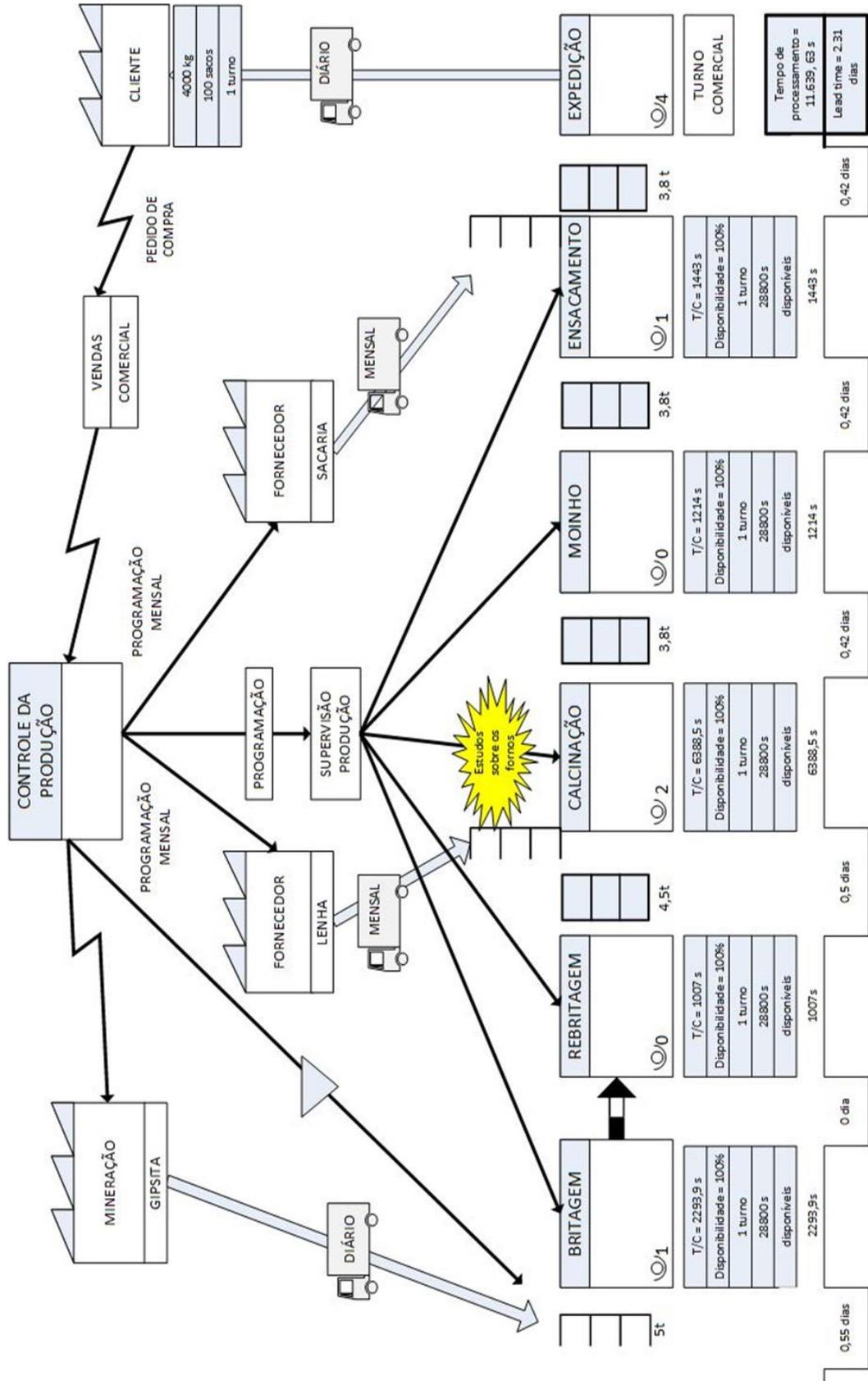
Artigo recebido em: 08/07/2018 e aceito para publicação em: 01/12/2019
DOI: <http://dx.doi.org/10.14488/1676-1901.v19i4.3255>

Anexo A: MFV - Estado Atual



Fonte: Autoria própria (2018)

Anexo B: MFV - Estado Futuro



Fonte: Autoria própria (2018)

Anexo C: Plano de ação – 5W1H

Quadro 2 – Plano de ação (5W1H)

(Continua)

O quê (<i>What</i>)	Por quê (<i>Why</i>)	Onde (<i>Where</i>)	Quem (<i>Who</i>)	Quando (<i>When</i>)	Como (<i>How</i>)
Estudos sobre eficiência dos fornos	Determinar quantidade necessária de insumos (lenha, gipsita) e reduzir tempo de operação/ton	Produção	Equipe externa (consultoria contratada)	30 dias	Cálculos de rendimento dos equipamentos
Instalar termopares nos fornos	Controlar temperatura de calcinação por forno	Produção	Direção	10 dias	Controlar adequadamente alimentação do forno e temperatura
Controlar granulometria da gipsita utilizada na calcinação	Verificar adequação do grão de minério em relação a norma ABNT NBR 12127:2017	Produção	Direção	15 dias	Padronizar material calcinado e reduzir tempo de calcinação
Estudo de viabilidade econômica para aquisição de novo moinho	Reduzir o tempo de ciclo do processo de moagem e atender o <i>takt time</i> da empresa	Produção	Direção	Após estudo de viabilidade	Após estudo da previsão da demanda e do estudo de viabilidade do novo equipamento
Estudo de viabilidade técnica-econômica para aquisição de máquina de ensacamento automática	Automatizar o processo de ensacamento e reduzir desperdício de produto acabado	Produção	Direção	Após estudo de viabilidade técnica-financeira	Através de relação custo / benefício
Estudo do <i>layout</i> interno	Diminuir a movimentação interna desnecessária	Produção	Equipe externa (consultoria contratada)	60 dias	Empresa contratada responsabiliza-se por implementação e treinamento
Implantação de sistema de supermercado	Redução do estoque de produto semi acabado	Produção	Equipe externa (consultoria contratada)	60 dias	Empresa contratada responsabiliza-se por implementação e treinamento de colaboradores
Desenvolvimento de sistema <i>kanban</i> para minério	Redução de estoque de matéria prima	Produção	Equipe externa (consultoria contratada)	60 dias	Implementação e capacitação de responsabilidade de equipe externa e gestão local

Quadro 2 – Plano de ação (5W1H)

(Conclusão)

O quê (What)	Por quê (Why)	Onde (Where)	Quem (Who)	Quando (When)	Como (How)
Plano de treinamento dos funcionários	Desenvolver pensamento enxuto.	Produção	Direção	30 dias	Capacitação dos funcionários sobre temática de produção mais limpa
Desenvolvimento de um sistema puxado	Operar com estoque mínimo	Produção	Direção	30 dias	Associado com sistema <i>kanban</i>
Elaboração de estudo quantitativo sobre desperdício	Reduzir quantidade de produto desperdiçado ao longo do processo	Produção	Direção	30 dias	Levantamento de quantidade (em kg) de produto resultante de desperdício nas etapas do processo industrial
Elaborar plano de manutenção corretiva	Corrigir falhas ao longo do processo que geram desperdícios	Produção	Direção	15 dias	Reparo nos equipamentos do processo
Implantação de programa 5S	Promover a eficiência e a eficácia do processo produtivo	Produção	Direção	60 dias	Garantir um ambiente organizado, limpo e seguro

Fonte: Autoria própria (2018)