

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ

PEDRO PICOLO MALANDRINO

***BUSINESS PROCESS MANAGEMENT* E TEORIA DAS RESTRIÇÕES
APLICADAS À MELHORIA DE PROCESSOS EM UMA LINHA DE RETRABALHO
DE UMA INDÚSTRIA AGROQUÍMICA**

LONDRINA

2022

PEDRO PICOLO MALANDRINO

***BUSINESS PROCESS MANAGEMENT* E TEORIA DAS RESTRIÇÕES
APLICADAS À MELHORIA DE PROCESSOS EM UMA LINHA DE RETRABALHO
DE UMA INDÚSTRIA AGROQUÍMICA**

**Business Process Management and Theory of Constraints Applied to Process
Improvement of an Agrochemical Industry's Rework Line**

Trabalho de conclusão de curso de graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia de Produção da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Orientador(a): Prof. Dr. Eduardo José Pitelli.

LONDRINA

2022



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

PEDRO PICOLO MALANDRINO

***BUSINESS PROCESS MANAGEMENT* E TEORIA DAS RESTRIÇÕES
APLICADAS À MELHORIA DE PROCESSOS EM UMA LINHA DE RETRABALHO
DE UMA INDÚSTRIA AGROQUÍMICA**

Trabalho de Conclusão de Curso de Graduação
apresentado como requisito para obtenção do título
de Bacharel em Engenharia de Produção da
Universidade Tecnológica Federal do Paraná
(UTFPR).

Data de aprovação: 23 de novembro de 2022

Eduardo José Pitelli
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Erico Daniel Ricardi Guerreiro
Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

José Ângelo Ferreira
Pós-Doutor
Universidade Tecnológica Federal do Paraná

LONDRINA

2022

Dedico este trabalho à minha família, por todo
esforço e empenho colocados em prol da minha
educação.

Já que a força da corrente é determinada pelo elo mais fraco, então o primeiro passo para melhorar a organização deve ser identificar esse elo.
(GOLDRATT, 2003).

RESUMO

A agricultura brasileira possui grande relevância nacional e internacional, sendo que, internamente, o agronegócio representa uma expressiva parcela do PIB brasileiro. Os resultados cada vez maiores da agricultura no Brasil originam-se, principalmente, do aumento da produtividade total dos fatores em decorrência do avanço tecnológico e da introdução de novos insumos, dentre eles, os defensivos agrícolas. A indústria agroquímica brasileira, responsável pela produção e distribuição dos defensivos agrícolas, faz parte de um mercado multibilionário que depende da inovação e da P&D para manter-se competitiva, além de, como qualquer outro negócio, do bom gerenciamento de seus processos. Neste contexto, o presente trabalho tem por objetivo aplicar um modelo baseado no ciclo de vida do *Business Process Management* (BPM) e na Teoria das Restrições (TOC), com auxílio do estudo de tempos, a fim de otimizar o processo de retrabalho de um defensivo agrícola em uma indústria agroquímica do sul do Brasil. O desenvolvimento do trabalho adota o método pesquisa-ação e a estrutura do trabalho é dividida em quatro macro etapas. A primeira etapa constitui-se da realização de uma revisão bibliográfica acerca da caracterização da indústria agroquímica, principais conceitos envolvidos no gerenciamento de processos, BPM, TOC, estudo de tempos e terceirização da mão de obra no Brasil. A segunda etapa apresenta o modelo aplicado baseado no ciclo de vida do BPM em conjunto à TOC. Em sequência, a terceira etapa inclui o desenvolvimento e os resultados do estudo prático. Por último, apresentam-se as considerações finais. Em decorrência da aplicação do modelo, foi possível mapear e modelar o processo inicial e otimizá-lo, aumentando a capacidade produtiva em 90 por cento, a produtividade média por linha de produção em 91 por cento e a produtividade média por operador em 109 por cento.

Palavras-chave: Defensivos Agrícolas; Terceirização; Estudo de Tempos; Produtividade.

ABSTRACT

Brazilian agriculture has great national and international relevance, and domestically, agribusiness represents a significant portion of the Brazilian GDP. The increasing results of agriculture in Brazil originate mainly from the increase in the total productivity of factors as a result of technological advances and the introduction of new inputs, among them, pesticides. The Brazilian agrochemical industry, responsible for the production and distribution of pesticides, is part of a multibillion-dollar market that depends on innovation and R&D to remain competitive, as well as, like any other business, on the good management of its processes. In this context, the present work aims to apply a model based on the Business Process Management (BPM) life cycle and on the Theory of Constraints (TOC) with the aid of the study of timed times in order to optimize the rework process of an agricultural pesticide in an agrochemical industry in southern Brazil. For the development of the work, the action research method was adopted and the structure of the work is divided into four macro steps. The first step consists of carrying out a bibliographical review about the characterization of the agrochemical industry, main concepts involved in process management, BPM, TOC, timed times and outsourcing of labor in Brazil. The second stage presents the applied model based on the BPM lifecycle together with the TOC. In sequence, the third stage includes the development and results of the practical study. Finally, the final considerations are presented. As a result of applying the model, it was possible to map and model the initial process and optimize it, increasing production capacity by 90 percent, average productivity of production line by 91 percent and average productivity per operator by 109 percent.

Keywords: Pesticides; Outsourcing; Time Study; Productivity.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Evolução da Produção de Grãos e Área de Plantio no Brasil	16
Figura 2 – Ciclo de Vida do BPM	22
Figura 3 – Sistema Básico do TPC.....	27
Figura 4 – Modelo Proposto.....	37
Figura 5 – Passos Realizados Para o Mapeamento e Modelagem do Processo Analisado.....	44
Figura 6 – Anotações Durante o Mapeamento do Processo	46
Figura 7 – Leiaute do Processo Mapeado.....	47
Figura 8 – Fluxograma do Processo Avaliado	49
Figura 9 – Chave de Tampa Utilizada no Processo	50
Figura 10 – Funil Adaptado Para Despejo do Produto em IBC	51
Figura 11 – Gantt do Ciclo de Uma Bombona de 20L.....	56
Figura 12 – Gantt do Ciclo de Uma Bombona de 20L Antes e Após Melhorias.	63
Figura 13 – Leiaute Inicial versus Leiaute Proposto	64
Figura 14 – Fluxograma do Processo Proposto.....	65
Figura 15 – Leiaute Após Refinamento	69
Quadro 1 – Passos do Ciclo de Melhoria Proposto e Aplicados no Desenvolvimento do Estudo.....	41
Quadro 2 – Planejamento das Atividades do Projeto.....	43
Quadro 3 – Legenda de Figuras do Leiaute.....	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Coeficientes de Distribuição Normal	30
Tabela 2 – Coeficiente d_2 Para o Número de Cronometragens Preliminares....	30
Tabela 3 – Número de Ciclos a Ser Medido por Atividade.....	53
Tabela 4 – Tempos Cronometrados de Cada Atividade.....	54
Tabela 5 – Tempos Normalizados Por Fator de Ritmo	54
Tabela 6 – Tempo Padrão Das Atividades	55
Tabela 7 – Cálculo da Capacidade Produtiva Efetiva	56
Tabela 8 – Tempos Previstos de Inatividade	58
Tabela 9 – Tempo Padrão Médio das Atividades	59
Tabela 10 – Capacidade da Restrição Após Sua Elevação	61
Tabela 11 – Capacidade Efetiva Antes e Após Propostas de Melhoria	61
Tabela 12 – Histórico de Produção Antes e Após o Estudo.....	67

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

BB	Bombona
BPM	<i>Business Process Management</i>
CADE	Conselho Administrativo de Defesa Econômica
CBOK	<i>Common Body Of Knowledge</i>
Cepea	Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada
CNA	Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil
Conab	Companhia Nacional de Abastecimento
CP	Capacidade Produtiva
EPI	Equipamento de Proteção Individual
Esalq	Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz
FR	Fator de Ritmo
FT	Fator de Tolerância
IBC	<i>Intermediate Bulk Container</i>
Min	Minuto
OPT	<i>Optimized Production Technology</i>
P&D	Pesquisa e Desenvolvimento
PDCA	<i>Plan Do Check Act</i>
PIB	Produto Interno Bruto
PTF	Produtividade Total dos Fatores
RRC	Recurso com Restrição de Capacidade
Sindiveg	Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal
TC	Tempo Cronometrado
TN	Tempo Normal
TP	Tempo Padrão
TOC	<i>Theory of Constraints</i>
TPC	Tambor Pulmão Corda
USP	Universidade de São Paulo
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Objetivos	14
1.1.1	Objetivo Geral	14
1.1.2	Objetivos Específicos.....	14
1.2	Justificativa	14
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	16
2.1	Caracterização da Indústria Agroquímica	16
2.2	Mapeamento, Análise e Melhoria de Processo	19
2.2.1	Processo.....	19
2.2.2	Gestão de Processo e Gestão por Processo.....	19
2.2.3	<i>BPM – Business Process Management</i>	21
2.2.4	Mapeamento e Modelagem de Processo	23
2.2.5	Análise e Melhoria de Processos	24
2.3	Teoria das Restrições (TOC – <i>Theory of Constraints</i>)	25
2.4	Estudo de Tempos	28
2.4.1	Determinação do Número de Ciclos	29
2.4.2	Cálculo do Tempo Cronometrado (<i>TC</i>)	30
2.4.3	Fator de Ritmo (<i>FR</i>)	31
2.4.4	Tempo Normal (<i>TN</i>).....	31
2.4.5	Fator de Tolerância (<i>FT</i>).....	32
2.4.6	Tempo Padrão (<i>TP</i>)	32
2.4.7	Capacidade Produtiva (<i>CP</i>)	33
2.5	Terceirização	33
3	PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS	36
3.1	Metodologia Aplicada Na Pesquisa	37
4	DESENVOLVIMENTO	40
4.1	Planejamento e Estratégia	42
4.2	Mapeamento e Modelagem do Processo (<i>As-Is</i>)	44
4.3	Coleta de Dados	52
4.3.1	Determinação do Número de Ciclos	53
4.3.2	Determinação do Tempo Cronometrado (<i>TC</i>)	54
4.3.3	Determinação do Tempo Normal (<i>TN</i>).....	54

4.3.4	Determinação do Tempo Padrão (<i>TP</i>)	55
4.3.5	Determinação da Capacidade Produtiva Efetiva	56
4.4	Análise de Processos (<i>As-Is</i>)	57
4.4.1	Identificar a Restrição	57
4.4.2	Explorar a Restrição	58
4.4.3	Subordinar a Restrição	59
4.4.4	Elevar a Restrição.....	60
4.4.5	Evitar a Inércia	61
4.5	Desenho do Novo Processo (<i>To-Be</i>)	63
4.6	Implementação	66
4.7	Controle.....	67
4.8	Refinamento.....	68
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	71
	REFERÊNCIAS	72
	APÊNDICE A - Ficha de tabulação de dados do estudo de tempos	76

1 INTRODUÇÃO

Atualmente o setor do agronegócio contribui para mais de um quarto de todo o Produto Interno Bruto brasileiro (CEPEA; CNA, 2022), sendo que a produtividade agrícola brasileira vem crescendo ano após ano e corroborando para os expressivos resultados observados. Isto significa que a produtividade do setor, ou seja, a relação produção agrícola por quantidade de recursos despendidos, vem aumentando.

Há três fatores de produção ligados ao aumento da produtividade agrícola brasileira, a mão de obra, a terra e o capital (insumos), dessa maneira, o desenvolvimento tecnológico e a introdução de novos insumos, em destaque os defensivos agrícolas, são considerados os grandes responsáveis pelo desenvolvimento dos fatores (GASQUES, 2017).

A indústria agroquímica brasileira, responsável pela produção e distribuição dos defensivos agrícolas, é um negócio multibilionário que depende muito da inovação, Pesquisa & Desenvolvimento para se manter competitiva, e, assim como no campo, a melhoria da eficiência e da eficácia dos processos deve ser constantemente buscada no meio industrial e empresarial (SLACK, 2018).

Para tal, o gerenciamento de processos de negócio mostra-se oportuno e diversas metodologias e ferramentas podem ser utilizadas para gerenciar e melhorar os processos de uma organização. Destaca-se a disciplina gerencial *Business Process Management* (BPM) que, por meio do foco em processos ponta a ponta, busca modelar, analisar, desenhar, medir, avaliar e transformar processos para assegurar o atingimento dos resultados desejados em alinhamento às estratégias da organização (ABPM, 2013).

De acordo com Cox (2013), a aplicação de conceitos da metodologia de gestão e melhoria contínua denominada Teoria das Restrições (TOC) tem apresentado sucesso em diferentes organizações ao redor do mundo, tornando-a conhecida e sendo desdobrada para diversos campos de gestão. Baseada na simplicidade inerente dos processos e com a premissa de que “no caso das não restrições, o ótimo local não é igual aos ótimos globais”, a metodologia atua nas restrições de um sistema visando o atingimento da meta da organização (GOLDRATT, 2013).

A seleção do tema para o desenvolvimento do projeto surgiu da necessidade de avaliar um processo real, ainda não mapeado, em que mão de obra terceirizada é

utilizada, em uma indústria agroquímica a fim de validar um novo desenho produtivo otimizado e, poder assim, dimensionar a operação para atendimento de uma demanda crescente. Desta forma, o presente estudo busca responder as seguintes perguntas: quais são as etapas produtivas do processo sob estudo, qual das etapas é a restrição do sistema e quais resultados podem ser alcançados a partir da sua exploração e elevação.

Assim, utilizando o método de pesquisa-ação, o presente trabalho visa aplicar os conhecimentos do BPM e da TOC para otimizar o processo de retrabalho de um defensivo agrícola em uma indústria agroquímica, além de, adicionalmente, servir como modelo de aplicação conjunta das metodologias citadas para futuros estudos correlatos e acadêmicos, assim como para outros processos da indústria local do trabalho.

1.1 Objetivos

1.1.1 Objetivo Geral

Otimizar um processo de retrabalho em uma indústria agroquímica aplicando um modelo de melhoria de processos baseado no *Business Process Management* e na Teoria das Restrições.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Mapear e analisar o processo de retrabalho atual utilizando o modelo apresentado com auxílio do estudo de tempos;
- Aumentar a produtividade e a capacidade do processo por meio da implementação de melhorias baseadas nos conceitos da TOC;
- Avaliar e discutir os impactos no processo após a implementação das melhorias;

1.2 Justificativa

O desenvolvimento de metodologias e ferramentas de gerenciamento de processos têm se mostrado fundamentais no avanço de organizações, economias e indústrias como foi o caso do Japão após a Segunda Guerra Mundial (HILL, 2013). Identificar e compreender seus processos permite que as organizações tenham conhecimento da interdependência de suas atividades e como em conjunto geram

valor, além de auxiliar na identificação dos recursos necessários em termos quantitativos e qualitativos (ABPM, 2013). Portanto, a utilização dos conceitos do BPM auxiliará a identificar, compreender e analisar o processo produtivo em estudo.

Na busca pela melhoria de processos, alocar pessoas, máquinas, recursos, dinheiro e esforços na etapa e ou no processo errado, ou seja, em etapas que não são gargalos, podem acarretar em poucas ou falsas melhorias, ou até mesmo caracterizar desperdício. Goldratt (2013) resume este conceito dizendo que “uma hora perdida no gargalo é uma hora perdida em todo o sistema e uma hora ganha em um não gargalo é uma ilusão”. Assim, como o presente estudo busca otimizar um processo ainda não mapeado, a utilização dos conceitos da TOC permitirá alocar os esforços e recursos na etapa que proporcionará o maior ganho no processo.

Portanto, o estudo pode ser considerado relevante para a organização, uma vez que, se mantida a situação atual, a demanda poderá não ser atendida, ou recursos em excesso poderão ser empregados na busca pelo atendimento da demanda. Além dos ganhos para o processo, este trabalho poderá servir como modelo para aplicação em outras operações da empresa estudada e para futuros estudos correlatos e acadêmicos.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

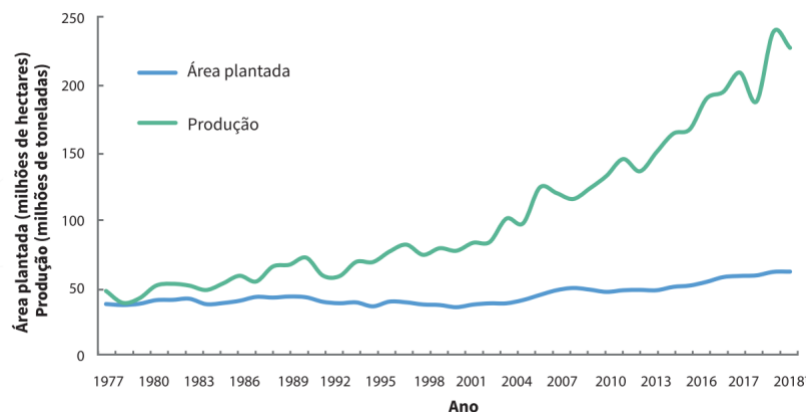
2.1 Caracterização da Indústria Agroquímica

A agricultura brasileira possui grande relevância nacional e vem ganhando destaque internacional. De acordo com o último relatório do Cepea (2022), da Esalq/USP, em conjunto com a CNA (Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil), o PIB do agronegócio brasileiro cresceu 8,36% em 2021, elevando a representatividade do setor à 27,4% do PIB brasileiro, sendo a maior desde o ano de 2004.

De acordo com Gasques, Bacchi e Bastos (2018), o que vem possibilitando resultados cada vez mais expressivos da agricultura brasileira é o crescimento a uma taxa anual média de 3,08%, entre os anos de 1975 a 2016, da produtividade total dos fatores (PTF), definida pelos autores como “a relação entre o produto agregado e insumos usados na produção”. Assim, aponta-se a produtividade como responsável por 80,6% do crescimento do produto agropecuário ao longo das últimas cinco décadas.

Para corroborar com a hipótese do crescimento do produto agropecuário em função do aumento em produtividade, dados da Embrapa (2018) mostram que a produção brasileira anual de grãos cresceu mais de cinco vezes no mesmo período analisado por Gasques, Bacci e Bastos (2018), saindo de 47 milhões para 236 milhões de toneladas ao ano, enquanto houve aumento de apenas 60% da área de plantio no mesmo período. A Figura 1 é capaz de ilustrar o ganho em produtividade brasileira a partir da relação área utilizada (milhões de hectares) e produção (milhões de toneladas).

Figura 1 - Evolução da Produção de Grãos e Área de Plantio no Brasil



Fonte: Conab (2018)

Gasques (2017) apresenta a seguinte divisão dos fatores de produção indicados como os responsáveis pelo aumento da produtividade agrícola do Brasil: mão de obra, terra e capital (insumos). O autor destaca que os aumentos apresentados por estes fatores, em grande parte, devem-se ao desenvolvimento tecnológico e a introdução de novos insumos, dentre eles, os defensivos agrícolas que, resumidamente, evitam a perda de produtos e conseqüentemente aumentam a produtividade.

Segundo o inciso IV do artigo 1º do Decreto 4.074, de 4 de janeiro de 2022, que regulamenta a Lei 7.802/1989, defensivos agrícolas são:

Produtos e agentes de processos físicos, químicos ou biológicos, destinados ao uso nos setores de produção, no armazenamento e beneficiamento de produtos agrícolas, nas pastagens, na proteção de florestas, nativas ou plantadas, e de outros ecossistemas e de ambientes urbanos, hídricos e industriais, cuja finalidade seja alterar a composição da flora ou da fauna, a fim de preservá-las da ação danosa de seres vivos considerados nocivos, bem como as substâncias e produtos empregados como desfolhantes, dessecantes, estimuladores e inibidores de crescimento.

Ainda, pode-se dividir os defensivos agrícolas de acordo com suas disposições. Destacam-se os fungicidas, utilizados no combate à fungos em sementes e culturas, os herbicidas na inibição ou eliminação de ervas daninhas e os inseticidas destinados à eliminação de insetos.

Costa e Silva (2012) explicam que as composições dos defensivos agrícolas possuem substâncias químicas conhecidas como princípios ou ingredientes ativos, responsáveis pela ação de combate às pragas, e, portanto, dada à composição dos produtos que este mercado é denominado de “Indústria Agroquímica”.

Na ótica operacional, a cadeia industrial do setor pode ser dividida entre a fabricação dos princípios ativos, a formulação e envase do produto final. A unidade fabril em que este estudo foi realizado possui as três etapas de industrialização, porém, concentra a maior parte de suas operações nas etapas de formulação e envase.

Já a fase pós industrialização, a comercialização, geralmente, apresenta dois ou três níveis. No primeiro ocorre a venda das fabricantes para cooperativas ou distribuidores, no segundo, estas revendem para o agricultor. No caso de três níveis, as cooperativas e distribuidores atuam como atacadistas e agentes menores

atuam como varejistas. Há também situações em que grandes agricultores negociam diretamente com os fabricantes.

Segundo estatísticas apresentadas pelo Sindicato Nacional da Indústria de Produtos para Defesa Vegetal, no ano de 2021 foram aplicados nas culturas brasileiras o equivalente a 14,3 bilhões de dólares em valor de produto (defensivos agrícolas) em aproximadamente 1,8 bilhão de hectares de área tratada. Em valor de movimentação de mercado, o setor de defensivos agrícolas movimenta mais de 100 bilhões de reais ao ano na economia brasileira, de acordo dados de notas fiscais emitidas, destes, 34% do volume empregado às vendas da indústria (Sindiveg, 2022).

Os autores Teodorovicz, Alvarez e Guimarães (2016) descrevem os mercados mundial e brasileiro como oligopolistas e podendo ser divididos em duas linhas de atuação, as indústrias agroquímicas “integradas” ou de patente que controlam a fatia de mercado mais lucrativa pela capacidade de desenvolvimento e patenteamento de novos ingredientes ativos, e as “especializadas” ou genéricas, as quais se especializam na formulação de defensivos agrícolas com ativos de patente expirada, produzindo os comumente conhecidos genéricos ou equivalentes.

Assim, cada frente atua de acordo com sua força competitiva, seja na exploração das patentes pelas integradas, com foco na P&D, seja nos preços e custos explorados pelas especializadas. Ainda neste mercado de genéricos há, segundo o CADE (2020), uma subdivisão entre “puros” e “diferenciados”, de tal forma que o primeiro foca totalmente nos preços e custos através de pouca diferenciação dos produtos de patente original, e o segundo que busca implementar também a P&D, porém, visando a criação de formulações melhoradas das patentes vencidas.

Seja no mercado das integradas ou no dos genéricos, a atividade de P&D, altamente custosa, mostra-se como uma das grandes barreiras de entrada à novas fabricantes e, principalmente, como força competitiva entre as grandes concorrentes existentes. Tão importante a Pesquisa e Desenvolvimento para o setor, Martinelli (2005) destaca que seus gastos podem representar de 10 a 25% dos custos.

Como caminho natural da gestão e desenvolvimento de novos produtos, uma das etapas de suma importância e impacto é a preparação para a transição da produção para escala industrial (AMARAL, SILVA, SCALICE, 2006). Uma vez que a

atividade de P&D é frequente na indústria de defensivos agrícolas, a industrialização dos processos de formulação de novos produtos também passa a ser frequente e desafiadora, dado o desconhecimento inicial de seu comportamento na escala industrial, portanto, sendo suscetíveis à falhas e, conseqüentemente, processos de retrabalho.

2.2 Mapeamento, Análise e Melhoria de Processo

2.2.1 Processo

De acordo com Gonçalves (2000, p.7), processo é “qualquer atividade ou conjunto de atividades que toma um *input*, adiciona valor a ele e fornece um *output* a um cliente específico”. Harrington (1993) descreve o conceito de forma muito similar, como sendo alguma atividade que recebe uma entrada (*input*), é transformada obtendo agregação de valor e a partir disso uma saída (*output*) é gerada.

Hammer e Champy (1994), trazendo a ótica da engenharia e da indústria, definem processo como um conjunto de atividades realizadas em uma ordenação lógica, tendo como objetivo a produção de bens ou serviços que gerem algum tipo de valor para um grupo específico de clientes.

O livro guia do Corpo Comum de Conhecimentos em Gerenciamento de Processos de Negócio, o BPM CBOK, define processo como a “agregação de atividades e comportamentos executados por humanos ou máquinas para alcançar um ou mais resultados” (ABPM, 2013).

Portanto, avaliando as definições dos diferentes autores, pode-se considerar que processo é um fluxo de trabalho que contém entradas e saídas bem definidas, sejam produtos ou serviços e informação, de forma que as entradas são seguidas de tarefas com fluxo bem claro, dependentes e sequenciais, que agregam valor e resultam em saídas.

2.2.2 Gestão de Processo e Gestão por Processo

Ao tratar de processos, há duas abordagens de gestão que se distinguem, a gestão de processos e a gestão por processos. Existem diferentes metodologias e ferramentas que compõem cada uma. O entendimento das abordagens é essencial para a melhor aplicação de seus conceitos e para a escolha de metodologias e ferramentas no desenvolvimento das atividades gerenciais.

A gestão de processos pode ser considerada uma abordagem administrativa que obteve alto e rápido desenvolvimento após a segunda Guerra Mundial, quando a maioria das filosofias e modelos de administração hoje difundidos foram criados (PAVANI JUNIOR; SCUCUGLIA, 2011).

Ferreira (2014) relaciona a gestão de processos como sendo o “conjunto de ações sistemáticas, baseadas em métodos, técnicas e ferramentas de análise, modelação e controle, que permitem manter estável a rotina e implantar melhorias na qualidade dos processos”. Já os autores Pavani Junior e Scucuglia (2011) destacam que o gerenciamento de processos compreende as etapas de estudo, do entendimento, da otimização e da manutenção das atividades que compreendem o trabalho a ser executado.

A etapa do estudo engloba a observação, levantamento e detalhamento da lógica de trabalho, ou seja, seu mapeamento. O entendimento compete à observação das informações levantadas anteriormente, a fim de compreender sua lógica. Com base no conhecimento obtido, a otimização é sistemática e contínua na busca pelo aperfeiçoamento. Por fim, a manutenção visa garantir os padrões desenhados e a melhoria contínua.

Nota-se que a abordagem da gestão de processos é administrativa e foca, principalmente, nas atividades e etapas de um processo em específico, compreendendo diversas ações que visam, primeiramente, entender e avaliar os processos, a fim de garantir o bom funcionamento e melhorá-los constantemente.

Não obstante, a gestão por processos, base da disciplina de BPM (*Business Process Modelling*), possui abrangência muito maior. De acordo com Ferreira (2014), visa observar a inter-relação entre as diversas atividades e setores de uma organização, de maneira sistêmica e dinâmica, e não de forma independente e como unidades funcionais verticalizadas. A partir disso, busca-se gerir a organização orientada por processos considerando suas interações com o ambiente, sendo que as suas estruturas são pensadas, desenhadas e aplicadas tendo como base as estratégias da empresa.

Observa-se que a diferença fundamental entre os conceitos está na abrangência. Enquanto a gestão de processos é uma atividade administrativa que visa gerir processos individualmente, a gestão por processos busca gerir, em nível organizacional, observando a inter-relação existente entre os processos e a importância deles para atingimento das estratégias globais.

Ferreira (2014) salienta que as organizações orientadas por processo demandam processos bem monitorados, funcionando com eficiência e sistematicamente, ou seja, necessitam da gestão de processos. Por consequência, por mais que sejam conceitos distintos, há forte ligação entre eles e não se caracterizam como antagônicos.

2.2.3 BPM – Business Process Management

O Gerenciamento de Processos de Negócios, do inglês *Business Process Management* (BPM) é “uma disciplina gerencial e um conjunto de tecnologias que provê suporte ao gerenciamento por processos” (ABPM, 2013). Com a visão de que uma organização “é um sistema de processos interativos cujo desempenho deve ser equilibrado”, o BPM entende que o desempenho da organização provém da gestão por processos interfuncionais, e não da gestão de processos de áreas funcionais.

Dessa forma, o BPM se posiciona como uma abordagem disciplinada a modelar, analisar, desenhar, medir, avaliar e transformar processos para assegurar o atingimento dos resultados desejados em alinhamento às estratégias da organização. O guia BPM CBOK (*Common Body of Knowledge*) apresenta nove áreas de conhecimento para alcançar o sucesso na aplicação da gestão por processos: gerenciamento, modelagem, análise, desenho, medição do desempenho, transformação, organização, processos corporativos e tecnologias (ABPM, 2013).

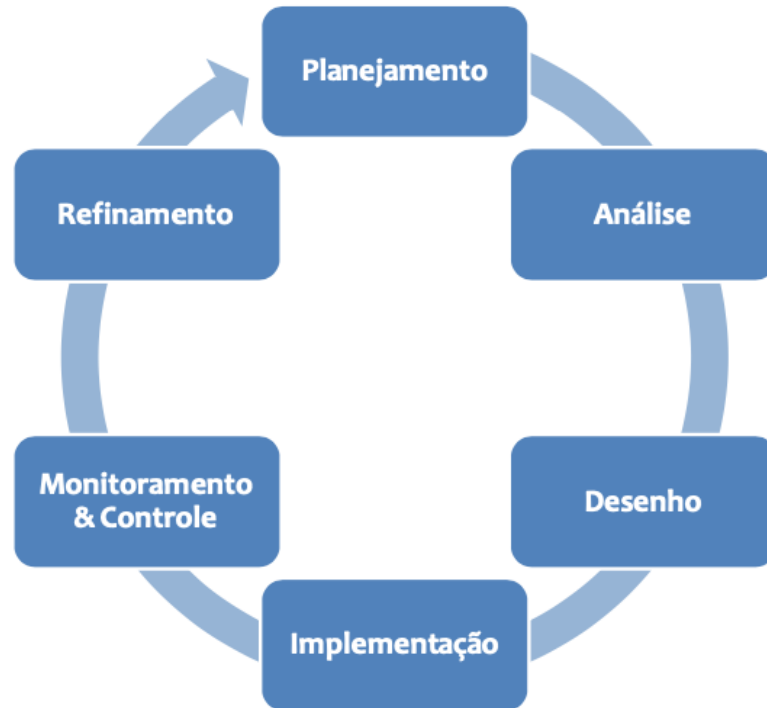
A primeira área, o gerenciamento, trata dos conceitos básicos e fundamentais acerca do tema. A modelagem permite estudar o modelo atual que servirá de base para a análise do processo (*As-Is*) visando projetar e desenhar as melhorias desejadas (*To-Be*). A medição gerencia e avalia o desempenho das mudanças e, por fim, a transformação é a execução de todas as etapas anteriores após a validação do desenho.

Pavani Júnior e Scucuglia (2011) complementam que as outras três áreas de conhecimento são menos específicas. A organização, sétima área, trata da adoção de estruturas organizacionais voltadas para processos, enquanto o gerenciamento de processos corporativos busca o alinhamento entre processos e estratégia organizacional. Por último, defende-se que as tecnologias e sistemas da informação são importantes para as iniciativas de BPM.

Entretanto, de modo prático, o BPM baseia-se no conceito de melhoria contínua e, portanto, apresenta um ciclo de vida (Figura 2) que tem como pano de

fundo o ciclo PDCA (*Plan, Do, Check, Act*) popularizado por Deming. O ciclo visa permitir a transformação dos processos de negócio (ABPM, 2013).

Figura 2 – Ciclo de Vida do BPM



Fonte: CBOK BPM (2013)

A fase de planejamento do ciclo tem por objetivo avaliar o contexto em que o processo está inserido, como ele se relaciona ao ambiente externo e às estratégias da organização, bem como entender as etapas do trabalho realizado pelo processo. Para este último papel, utilizam-se métodos de mapeamento e modelagem de processo.

Depois que o conhecimento das etapas que compõe o processo é obtido, parte-se para a análise e entendimento da situação atual (*As-Is*) e quais resultados alcança. A partir da execução desta etapa, possibilita-se a identificação das possíveis melhorias e desenha-se (*To-Be*) as alterações e incrementos no processo para os seus atingimentos.

Projetado o novo processo, parte-se para a sua implementação e, em seguida, para o monitoramento e controle dos resultados obtidos a partir das mudanças. Por fim, o refinamento compete à revisão constante das mudanças e seus resultados, a fim de realizar os ajustes necessários para a obtenção efetiva das melhorias desejadas, tornando-se assim, em um ciclo de melhoria contínua.

Observa-se que na literatura o BPM é amplamente utilizado por diversos autores em abordagens sobre gestão por processos e de processos, envolvendo modelagem, mapeamento, análise e melhoria de processos, temas que serão melhor descritos a seguir.

2.2.4 Mapeamento e Modelagem de Processo

Biazzo (2000) conceitua o mapeamento e a modelagem de processo como a identificação de cada etapa e tarefa de um processo e a representação gráfica deles com o objetivo de avaliar e compreender a relação entre todos os objetos envolvidos: pessoas, materiais, informações, maquinários e outros.

Para Rocha (2017), mapeamento é o ato de esmiuçar o processo existente, de forma a compreender todas as etapas que contém, identificando os fluxos, equipamentos e recursos necessários para sua execução. Para realizar esta atividade, é necessário acompanhar o processo enquanto ocorre e utilizar de diversos recursos disponíveis para o seu entendimento, seja observando, anotando, perguntando, fotografando e filmando o processo.

Para Pavani Júnior e Scucuglia (2011), uma das atividades da modelagem de processos é a sua representação gráfica, seja por meio de mapas, fluxogramas ou diagramas a fim de melhorar a compreensão do processo, e serve tanto para retratar a situação atual quanto descrever uma situação futura desejada.

Pradella *et al.* (2012) complementa que o mapeamento deve ser mais do que a simples representação gráfica, devendo conter detalhes a fim de avaliar as melhorias necessárias para o aumento de desempenho do processo avaliado.

Portanto, é consenso entre diferentes autores que a representação gráfica é uma das importantes etapas do mapeamento. Atualmente existem variadas notações e a decisão quanto a melhor opção depende de fatores como cultura da organização, nível de compreensão das partes interessadas e recursos disponíveis (PAVANI JUNIOR e SCUCUGLIA, 2011).

Conforme as áreas do conhecimento do BPM citadas anteriormente, a modelagem e o mapeamento de processos servem como matéria-prima para as fases posteriores, fornecendo informações necessárias para a realização da análise e a projeção de melhorias.

2.2.5 Análise e Melhoria de Processos

Posterior ao mapeamento e à modelagem dos processos, a etapa de análise visa justamente avaliar o estado atual (*As-Is*), identificar as falhas e os possíveis pontos de melhoria. A análise possibilita aos responsáveis tornar o processo mais confiável, reduzindo as chances de falhas, mais econômicos e rápidos (ROCHA, BARRETO E AFFONSO, 2017). Basicamente o principal benefício da análise do estado atual do processo é o consenso e entendimento de todas as partes envolvidas de como o trabalho é feito atualmente (ABPM, 2013).

Outra competência da análise de processos, de extrema importância para o entendimento do estado atual e que possibilita dimensionar os ganhos com o estado futuro, segundo Gonçalves (2000), é identificar e mensurar as dimensões do processo, como, por exemplo, a duração do ciclo, relações e dependências entre as partes envolvidas, sequência das atividades e fluxo (volume por unidade de tempo).

O guia do Corpo Comum de Conhecimento de BPM (ABPM, 2013) também indica que para a compreensão do estado atual de um processo é necessário avaliar os resultados das atividades, etapas e do processo como um todo para poder identificar a capacidade de atendimento das metas. Assim, analisa-se restrições e rupturas que atrapalham o desempenho do processo. Alguns dos fatores e indicadores, mas não todos, mais importantes de análise segundo o guia são:

- Capacidade: testa os limites superior e inferior da execução do processo para atendimento da demanda. Importante identificar quais fatores e etapas do processo podem aumentar ou diminuir de forma a atender a demanda ou não;
- Gargalo: restrição de capacidade que gera fila no processo;
- Tempo de ciclo: é o tempo que leva entre as entradas de um processo até a obtenção da saída desejada. Observa o tempo de cada atividade do processo;
- Custo: entender os custos do processo auxilia na priorização de recursos e na identificação de etapas que precisam tornar-se financeiramente mais eficientes;
- Envolvimento humano: busca entender o envolvimento humano na atividade, avaliando o conhecimento, julgamento e habilidade das pessoas visando encontrar e corrigir situações envolvendo pessoal que geram problemas;

- Leiaute: análise do local quanto ao fluxo de trabalho, movimentação de recursos, pessoas e materiais, buscando identificar esforços redundantes e movimentações desnecessárias que geram gargalo ou ineficiência;
- Alocação de recursos: avaliação da capacidade dos recursos e da quantidade necessária para atendimento e satisfação da demanda;

Portanto, com os insumos gerados pelo mapeamento de processos somados ao levantamento dos resultados das atividades do processo, a análise permite compreender o estado atual e identificar pontos de melhoria que serão posteriormente projetados (desenhados) em um novo processo.

Assim, o desenho projeta uma situação futura (*To-Be*) englobando as melhorias identificadas na fase de análise, e, tal como na modelagem, realizando a representação gráfica, com a diferença de ser do novo processo (PAVANI JUNIOR e SCUCUGLIA, 2011).

Existem diferentes métodos e ferramentas que auxiliam na análise e na proposição de melhorias de processos e que podem ser empregados como complementação ao BPM. A seguir apresenta-se o método de análise e melhoria que será utilizado no desenvolvimento do trabalho.

2.3 Teoria das Restrições (TOC – *Theory of Constraints*)

Desenvolvida pelo físico israelense Eliyahu M. Goldratt na década de 80, a Teoria das Restrições teve sua origem a partir da evolução dos princípios que baseavam as soluções do *software* de programação e sequenciamento da produção *Optimized Production Technology* (OPT) também criado por Goldratt (LACERDA; RODRIGUES, 2007).

Decidido a compartilhar os princípios por trás do desenvolvimento de seu *software*, Goldratt introduziu pela primeira vez a Teoria das Restrições em seu livro “A Meta”, a qual diz que todo sistema possui ao menos uma restrição que limita seu desempenho. Em forma de romance, o autor apresenta sua visão sobre os métodos de administração tradicionais e tece críticas a alguns deles, como por exemplo à contabilidade de custos, além de aprofundar os conceitos de sua teoria (GOLDRATT, 2003).

Podendo ser de natureza não-física como políticas, procedimentos e práticas, ou física, como equipamentos e pessoas, restrição, segundo Cox (et al, 2012), é o fator que limita o desempenho de um sistema ou organização. Um recurso com restrição de capacidade (RRC), é aquele em que “se sua capacidade não for cuidadosamente gerenciada, provavelmente comprometerá o rendimento da organização” (COX *et al.*, 2012).

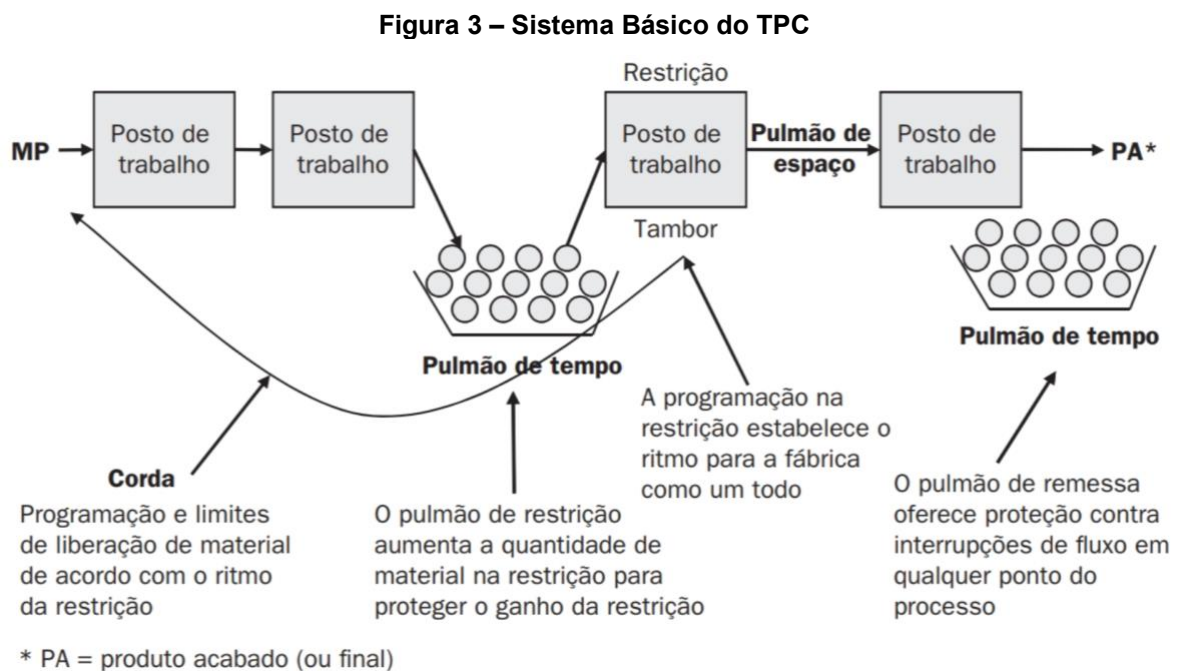
Assim, a Teoria das Restrições pode ser considerada como uma metodologia de gestão e melhoria contínua que atua nas restrições de um sistema visando o atingimento de sua meta (KLIPPEL, 2017). Em vista disso, para o atingimento das metas por meio da exploração das restrições do sistema, a TOC apresenta a focalização como a chave para a melhoria contínua, sendo dividida em 5 etapas:

1. **Identificar** a restrição do sistema – o primeiro passo é a identificação da restrição, que pode ser interna, quando a demanda do mercado é maior do que a capacidade do sistema, ou externa, quando a restrição está no mercado;
2. **Explorar** a restrição do sistema – após a identificação da restrição, deve-se avaliar como é possível maximizar o seu desempenho respeitando o ganho global, sem deixar de lado o gerenciamento de estoque e as despesas operacionais. Para isso, uma forma é avaliar os desperdícios no gargalo tais como tempo exagerado de *setup*, tempo desperdiçado durante trocas de turno ou horários de almoço;
3. **Subordinar** todo o resto à decisão anterior – trata-se de uma importante etapa para o gerenciamento dos não gargalos. Goldratt (2013) defende que para as não restrições, o ótimo local não leva ao ótimo global. Assim, as demais etapas do processo devem trabalhar no ritmo da restrição para garantir o atendimento do seu fluxo programado e evitar desperdícios;
4. **Elevar** a restrição – assim que o passo 3 é concluído, significa que os desperdícios foram minimizados e o desempenho do sistema foi aumentado. Para obter uma melhoria ainda maior do desempenho do sistema, deve-se elevar o desempenho da própria restrição. Se for uma restrição interna em ambiente de manufatura, pode-se, por exemplo,

aumentar a capacidade da produção do gargalo a partir da compra de novos equipamentos;

5. **Retornar ao passo 1**- este passo evita que a inércia tome conta do sistema. Com a elevação do desempenho da restrição a partir do quarto passo, pode ser que sua capacidade se torne superior à sua demanda, assim, a restrição do sistema passa a ser outra e deve-se identifica-la e reaplicar os pontos de focalização, empregando assim a melhoria contínua. Quando a restrição deixa de ser interna, ou seja, a capacidade de entrega do sistema é maior do que a sua demanda, a restrição passa a ser o mercado (SRIKANTH, 2013; KENDALL, 2013).

Para sistemas produtivos, Goldratt, após a focalização em 5 passos, observou a dificuldade e inviabilidade de monitorar cada não-gargalo individualmente para evitar a produção em excesso. Como resposta, desenvolveu o método de programação e controle de operações conhecido como TPC ou Tambor-Pulmão-Corda (GOLDRATT, 2013). Seu sistema básico pode ser observado na Figura 3.



Fonte: SRIKANTH (2013, p. 190)

O Tambor é a programação do RRC capaz de atender a demanda do cliente no prazo. Em analogia à música, sua programação dita o ritmo do fluxo, subordinando os demais componentes (COX et al, 2012).

Dessa forma, com exceção do recurso restritivo, os demais recursos operam abaixo de suas máximas capacidades, e como o sistema está sempre exposto à variabilidades, é necessário criar um mecanismo de proteção para assegurar o pleno funcionamento da restrição. Tal mecanismo é o Pulmão de tempo, que é o tempo de liberação de material necessário para atender ao ritmo do Tambor (SRIKANTH, 2013).

Por fim, a Corda é o mecanismo utilizado para garantir a liberação de material de acordo com o ritmo da restrição, com o objetivo de inibir que seja liberada matéria-prima sem necessidade e que se forme estoques intermediários de processo indesejados (COX et al, 2012).

Observa-se, portanto, em concordância com a focalização, que o Pulmão serve como uma maneira de explorar a restrição, uma vez que busca evitar que pausas nos processos anteriores a afetem. Já a Corda visa garantir a subordinação dos demais processos à restrição, direcionando apenas o fluxo necessário para o sistema e evitando desperdícios.

2.4 Estudo de Tempos

O estudo de tempos foi introduzido como uma das ideias por trás da concepção da Administração Científica por Frederick Taylor, sendo utilizado, principalmente, para a determinação de tempos-padrão de atividades de trabalho e servindo como base para o estudo de movimentos desenvolvido pelo casal Gilbreth na melhoria de métodos de trabalho (BARNES, 2007; KLIPPEL, 2017).

Para Moreira (2012), o estudo de tempos é uma ferramenta de medição do trabalho, sendo utilizada para determinar o intervalo de tempo necessário para completar determinada atividade. A completa definição de estudo de tempos apresentada por Slack (2018) é:

[...] uma técnica de medição do trabalho destinada a registrar os tempos e a taxa de trabalho para os elementos de um trabalho específico, realizado sob condições específicas, e a analisar os dados a fim de obter o tempo necessário para realizar o trabalho a determinado nível de desempenho.

A medição do trabalho compreende a determinação de três diferentes tempos, o tempo real, que é o tempo obtido através da observação direta, principalmente, por meio da cronometragem; o tempo normal que visa corrigir o tempo real utilizando um fator de eficiência ou ritmo do trabalhador e por fim o tempo padrão que aplica um fator de fadiga, necessidades pessoais ou alguma particularidade da operação (MOREIRA, 2012).

Portanto, para a realização de um estudo de tempo, diversas variáveis devem ser levadas em consideração bem como suas inter-relações obtidas por meio de fórmulas. A seguir serão definidas as principais variáveis e fórmulas para desenvolvimento de um estudo de tempo.

2.4.1 Determinação do Número de Ciclos

O estudo de tempo precisa ser tratado por meio de amostragem, uma vez que os tempos despendidos para a execução das etapas de uma operação variam ciclo a ciclo por diversos fatores. Um operador nunca executará repetidas e consecutivas etapas em um mesmo tempo exato, além disso, pode haver variações na tarefa de leitura do cronômetro (BARNES, 1977).

Desta forma, de acordo com a variabilidade dos tempos medidos, faz-se necessário o cálculo da quantidade de ciclos a serem medidos, objetivando garantir a precisão desejada e o nível de confiança sobre os tempos cronometrados (MOREIRA, 2012).

De acordo com Peinado e Graeml (2007), pode-se utilizar o cálculo estatístico expressado pela Equação 1 na determinação do número de ciclos a serem cronometrados.

$$N = \left(\frac{Z \times R}{Er \times d_2 \times \bar{x}} \right)^2 \quad (1)$$

Sendo:

N = número de ciclos a serem cronometrados

Z = coeficiente de distribuição normal para uma probabilidade determinada

R = amplitude da amostra preliminar

Er = erro relativo da medida

d_2 = coeficiente em função do número de cronometragens realizadas preliminarmente

\bar{x} = média dos valores das observações preliminares

Antes da utilização da equação de determinação da quantidade de ciclos, deve-se realizar de 5 a 10 cronometragens prévias, sendo possível a partir destas, o cálculo dos valores de R e de \bar{x} . Para o erro relativo (Er) normalmente aceita-se um erro entre 5% e 10%. Ainda, os valores comuns utilizados nos cálculos para o coeficiente Z são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 – Coeficientes de Distribuição Normal

Probabilidade	90%	91%	92%	93%	94%	95%	96%	97%	98%	99%
Z	1,65	1,70	1,75	1,81	1,88	1,96	2,05	2,17	2,33	2,58

Fonte: Adaptado de Peinado e Graeml (2007, p. 99)

Conforme comentado, utiliza-se a quantidade de cronometragens prévias para encontrar a relação dos valores do coeficiente d_2 . Os valores comuns utilizados para d_2 são exibidos na Tabela 2.

Tabela 2 – Coeficiente d_2 Para o Número de Cronometragens Preliminares

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	2,970	3,078

Fonte: Adaptado de Peinado e Graeml (2007, p. 99)

2.4.2 Cálculo do Tempo Cronometrado (TC)

O tempo cronometrado é determinado a partir da média dos tempos reais, que são aqueles obtidos por meio da cronometragem direta da atividade e variam de acordo com o operador e/ou atividade (MOREIRA, 2012). Seu valor é obtido por meio do cálculo apresentado na Equação 2.

$$TC = \left(\frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} \right) \quad (2)$$

Sendo:

x_n = tempo cronometrado na enésima medição

n = número de cronometragens

A partir do cálculo da média dos tempos reais, ou seja, do tempo cronometrado, este será objeto de correções e resultará no tempo normal.

2.4.3 Fator de Ritmo (*FR*)

Para Barnes (1977), uma das etapas mais importantes na determinação do tempo padrão é a avaliação da velocidade ou ritmo do operador na execução da atividade que está sendo cronometrada. A determinação do fator de ritmo é feita de forma subjetiva e fica a cargo de quem está aplicando o estudo. Um dos sistemas mais utilizados é a escala percentual, em que para uma atividade executada em velocidade normal considera-se 100%, para velocidades abaixo do normal considera-se uma porcentagem inferior a 100% e em caso de ritmo acelerado, um valor superior.

2.4.4 Tempo Normal (*TN*)

O tempo normal visa justamente normalizar o tempo cronometrado (real) de acordo com o ritmo de trabalho do operador observado durante a etapa de medição. Assim, um fator de ritmo inferior à 100% irá diminuir o tempo cronometrado uma vez que se entende que a atividade seria normalmente feita em tempo inferior ao observado, ou seja, mais rápido. No caso contrário, se o operador observado estivesse trabalhando a uma velocidade acima do normal, um fator de ritmo acima de 100% deveria ser utilizado, conseqüentemente aumentando o valor do tempo cronometrado e normalizando a atividade como mais lenta do que o observado.

O cálculo do tempo normal pode ser expressado como a multiplicação do tempo cronometrado pelo fator de ritmo percentual, também chamado de eficiência do operador conforme a Equação 3.

$$TN = TC \times \frac{EF}{100} \quad (3)$$

Sendo:

TN = tempo normal

TC = tempo cronometrado

EF = eficiência (ritmo) do operador em porcentagem

2.4.5 Fator de Tolerância (FT)

O fator de tolerância é o tempo de interrupção previsto para atendimento de necessidades pessoais, de descanso ou por motivos que não estão ao controle do operador. Assim, as tolerâncias podem ser classificadas em tolerância pessoal, tolerância para fadiga ou tolerância de espera (BARNES, 1977). Diferentemente do fator de ritmo, o fator de tolerância é sempre maior do que 100% pois busca prever perdas de tempo decorrente de diferentes condições da operação sobre a ação do trabalhador (MOREIRA, 2012).

Para determinação do fator, deve-se primeiramente calcular o tempo permissivo (p) que é a razão entre o tempo não trabalhado e a carga horária total de trabalho, conforme a Equação 4.

$$p = \frac{\textit{tempo não trabalhado}}{\textit{carga horária de trabalho}} \quad (4)$$

Assim, substitui-se o p na Equação 5 para obter o fator de tolerância (FT).

$$FT = \frac{1}{(1 - p)} \quad (5)$$

2.4.6 Tempo Padrão (TP)

Após a obtenção do tempo normal levando-se em consideração a velocidade de trabalho do operador, deve-se acrescentar ao TN o percentual de tempo perdido devido à fadiga, pausas e demoras inevitáveis, ou seja, que não dependem do operador. A relação de tempo perdido foi calculado pelo fator de tolerância, assim, a Equação 6 expressa o cálculo necessário para encontrar o tempo padrão como sendo a multiplicação do tempo normal pelo fator de tolerância.

$$TP = TN \times FT \quad (6)$$

2.4.7 Capacidade Produtiva (*CP*)

A capacidade produtiva é “a produção que uma operação (ou um único processo) pode entregar numa unidade de tempo definida” (SLACK et al, 2013). O nível de atividade ou produção só pode ser levado em consideração para o cálculo da capacidade se puder ser sustentado durante um longo período de tempo, isto porque se o nível dessas atividades não for sustentável, o cálculo de capacidade não estará expressando a realidade do longo prazo, e, portanto, induzirá a organização à tomadas de decisão equivocadas.

A partir do conhecimento dos tempos de processo, é possível calcular a capacidade produtiva (*CP*) por meio da Equação 7.

$$CP = \frac{\text{horas diárias de trabalho}}{TP} \quad (7)$$

2.5 Terceirização

A terceirização pode ser vista como uma derivação do conceito de *outsourcing*, originado nos Estados Unidos da América, que se consolidou no século XX como alternativa ao modelo de integração vertical, até então utilizado pela produção em massa, devido ao crescimento da tendência de especialização em resposta ao aumento da competitividade e instabilidade dos mercados (SANTOS, 2014).

Em contramão à internalização da cadeia produtiva buscada na integração vertical, o *outsourcing* “ocorre por meio da transferência de atividades não essenciais para fornecedores ou terceiros” (CHIAVENATO, 2021) e tem como objetivo permitir a focalização das organizações em suas atividades principais e que agregam valor aos seus clientes.

Para uniformização de linguagem, “externalização” (*outsourcing*) da contratação de trabalhadores, subcontratação e terceirização serão considerados sinônimos neste trabalho e devem ser entendidos como o “processo de contratação de trabalhadores por empresa interposta”, ou seja, situação em que o trabalho realizado para uma organização é contratado e intermediado por outra empresa (MARCELINO, 2007).

Desta forma, quando uma organização resolve utilizar mão de obra subcontratada, ela está transferindo para outra empresa os riscos e alguns dos custos de contratação. Nota-se que a administração da força de trabalho humano, e da sua quantidade, tornam-se ferramentas estratégicas no atendimento das demandas do mercado. Pode-se acrescentar turnos de trabalho ou aumentar o quadro de funcionários em períodos de alta demanda, ou então, em tempos de baixa demanda, retraindo a quantidade de turnos e demitindo pessoal (PEINADO; GRAEML, 2007).

Portanto, a contratação de mão de obra temporária por meio de empresas terceirizadas é uma alternativa que vem ganhando espaço na administração de demandas. Na legislação brasileira há a lei nº 6.019 que dispõe do trabalho temporário nas empresas urbanas (BRASIL, 1974) e a lei nº 13.429 que altera seus dispositivos, além de dispor acerca das relações de trabalho na empresa prestadora de serviço à terceiros. De acordo com o art. 2º da lei brasileira nº 13.429 de 31 de março, trabalho temporário pode ser descrito como:

Art. 2º - Trabalho temporário é aquele prestado por pessoa física contratada por uma empresa de trabalho temporário que a coloca à disposição de uma empresa tomadora de serviços, para atender à necessidade de substituição transitória de pessoal permanente ou à demanda complementar de serviços (BRASIL, 2017).

Antes de sua aprovação, a constituição brasileira previa a terceirização do trabalho temporário apenas para atividades-meio, ou seja, atividades que não estavam diretamente relacionadas ao negócio. Agora o § 3º do art. 9º da lei prevê que no contrato de trabalho temporário pode constar o desenvolvimento de atividades-fim na empresa tomadora de serviços.

Portanto, para empresas que praticam os procedimentos de admissão e demissão com frequência como instrumento de ajuste da capacidade produtiva à demanda, a adoção da terceirização da mão de obra passa a ser uma alternativa em busca da minimização de gastos com encargos e dos riscos pertinentes à legislação trabalhista brasileira (PEINADO; GRAEML, 2007).

Porém, por mais que existam vantagens relacionadas à decisão de subcontratação como a flexibilidade, diminuição de riscos trabalhistas e até redução de custos como alguns autores defendem (SILVA; ALVES; CARVALHO, 2021), deve-se avaliar com cautela a sua aplicação.

Algumas desvantagens relacionadas à qualidade da mão de obra e a consciência dos trabalhadores devem ser avaliadas. Uma delas é a desmotivação e insegurança dos trabalhadores tanto subcontratados, que sabem que a relação de trabalho possui validade, quanto efetivos, que enxergam na terceirização um risco à seus postos. Além disso, torna-se mais difícil a disseminação e enraizamento da cultura organizacional.

Outra desvantagem a ser considerada é a curva de aprendizagem destes trabalhadores terceirizados, ou seja, o tempo necessário para que estes alcancem prática na atividade. Neste caso há duas principais consequências, o aumento da não qualidade por peças refugadas e outros desperdícios, e os custos e esforços para treinamento (PEINADO; GRAEML, 2007).

Para tanto, visando eliminar e ou mitigar os riscos da subcontratação, algumas ações podem ser consideradas, tais como a criação de bons contratos; iniciar contratos de curta duração para experimentação e avaliação; avaliar com cautela a empresa que subcontrata os trabalhadores para garantir níveis de qualidade e experiência desejados; criar critérios claros de bonificação e penalização e manter controle periódico das atividades realizadas e dos recursos humanos (MARINHO; CORREIA; AMATO, 2014).

3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Quanto à abordagem da pesquisa, pode ser considerada quanti-qualitativa. A pesquisa qualitativa aplica-se a estudos que permitem ao pesquisador o contato direto com o objeto estudado, buscando descrever, interpretar e entender os fatos com base nas respostas buscadas, ações praticadas no presente estudo durante o mapeamento e a análise do processo. Por outro lado, a pesquisa quantitativa visa medir e enumerar os eventos estudados de maneira objetiva, praticado neste trabalho por meio de cálculos estatísticos (PROETTI, 2018, p. 2).

Em relação ao objetivo da pesquisa, pode ser tido como explicativo. De acordo com Fontelles (et al, 2009) a pesquisa é de objetivo explicativo quando o pesquisador visa centralmente, através do confronto de variáveis, determinar as causas e os porquês com base na análise dos fatores determinantes para a ocorrência de um fenômeno, o que é realizado nesta pesquisa durante o mapeamento e a análise do processo estudado.

No que se refere ao método adotado, é o da pesquisa-ação pois o pesquisador propõe e aplica soluções para a resolução dos problemas envolvidos na pesquisa. Segundo Grundy (1982, p. 24) a pesquisa-ação é a “identificação de estratégias de ação planejada que são implementadas e, a seguir, sistematicamente submetidas a observação, reflexão e mudança”.

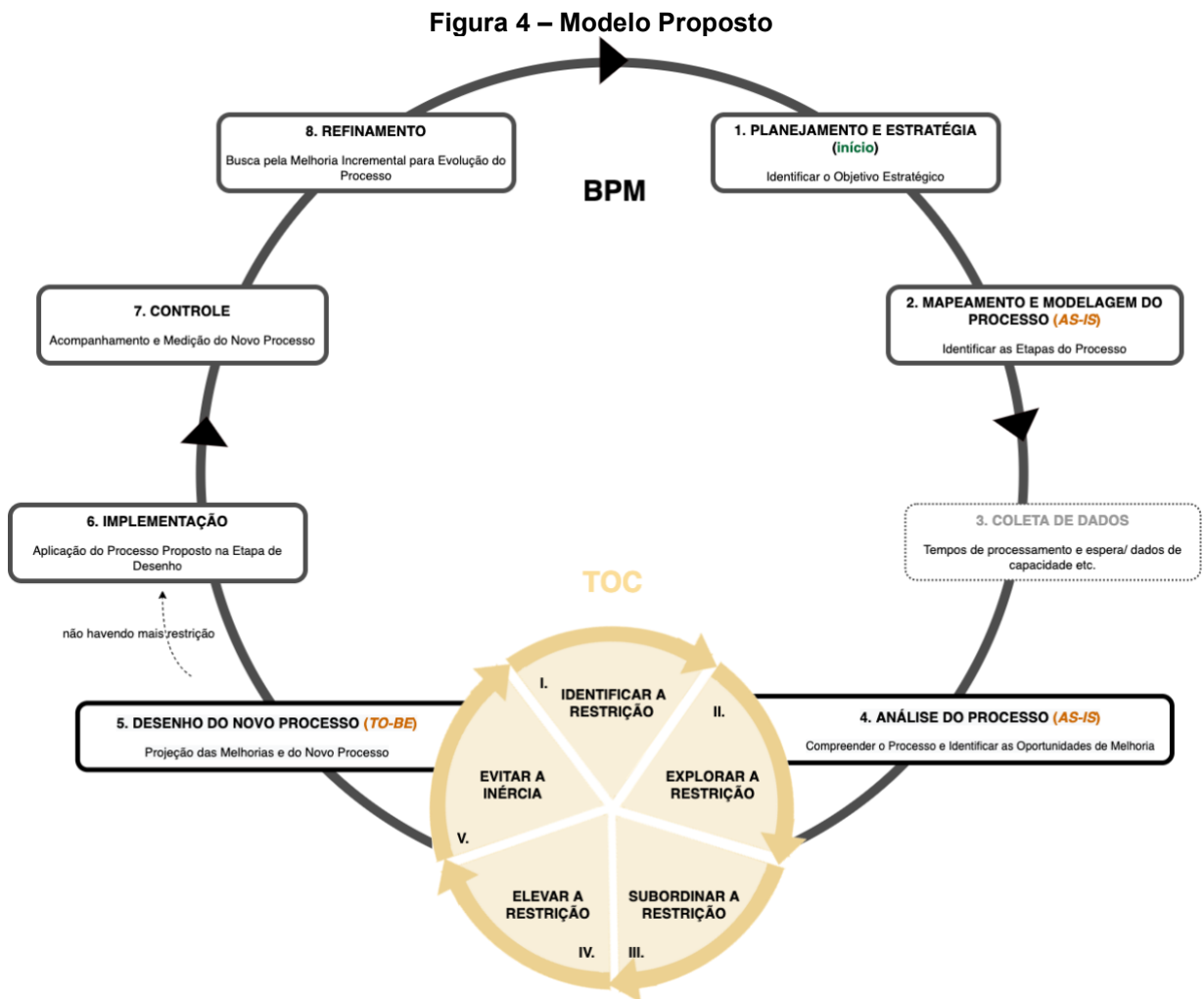
Por fim, quanto às etapas metodológicas do estudo, o trabalho está dividido da seguinte maneira:

- Desenvolvimento de uma estrutura de fundamentação teórica;
- Proposição de um modelo para desenvolvimento da pesquisa-ação baseado no ciclo de vida do BPM, nas etapas de focalização da TOC e apoio do estudo de tempos cronometrados;
- Desenvolvimento do estudo prático;
- Considerações finais.

A seguir apresentam-se as etapas de desenvolvimento do modelo proposto para a execução da pesquisa-ação.

3.1 Metodologia Aplicada Na Pesquisa

Para o desenvolvimento do estudo prático, propõe-se um modelo baseado no ciclo de vida do BPM, utilizando as etapas de focalização da TOC durante as fases de análise e desenho e, ainda, empregando o estudo de tempos cronometrados para auxiliar nas fases de análise e de controle. Assim, as etapas de desenvolvimento do modelo proposto podem ser observadas na Figura 4.



O detalhamento das etapas da metodologia proposta para o desenvolvimento da pesquisa-ação, de melhoria de processos, é apresentado a seguir:

1. Planejamento e Estratégia

O primeiro passo envolve a identificação do processo a ser analisado de acordo com o objetivo que se deseja alcançar, como, por exemplo, o aumento da produtividade ou a diminuição de custos, de forma que esteja alinhado e contribua com os objetivos e estratégias da empresa.

Com a validação da escolha do processo, é necessário planejar a sua análise. Quem será responsável pelo estudo e quantas pessoas serão necessárias, qual o período hábil para realizá-lo, quais são os recursos necessários e os disponíveis, quais são as limitações e restrições, as premissas, ou seja, planejar e gerenciar o estudo como um projeto.

2. Mapeamento e Modelagem (As-Is)

Após o planejamento, o próximo passo é realizar o mapeamento do processo visando a identificação de suas etapas, dos equipamentos, dos recursos necessários para sua execução e dos fluxos de materiais, pessoas e informações envolvidos. A modelagem gráfica deve ser utilizada para registrar as informações levantadas e facilitar a visualização e o entendimento da inter-relação entre as etapas e os recursos.

3. Coleta de Dados

A partir do momento que o processo está mapeado e modelado graficamente, realiza-se a coleta e ou levantamento de dados de capacidade, de tempo de processamento de cada etapa e quaisquer outros dados, parâmetros e indicadores que façam sentido para o processo em estudo e que auxiliem no momento da análise, tomada de decisão e controle. Caso os dados sejam totalmente desconhecidos, um estudo de tempos cronometrados pode ser realizado para complementar o entendimento do estado atual (*As-Is*) e possibilitar uma análise mais aprofundada.

4. Análise do Processo (As-Is)

Levantados os tempos e a capacidade de cada etapa do processo, as etapas de focalização da TOC são aplicadas para analisá-lo e propor melhorias. Inicialmente deve-se identificar a restrição do sistema (I) com base nos dados obtidos no passo anterior, em seguida são pensadas ações para maximizar o

desempenho da restrição, ou seja, eliminar os desperdícios que impedem a restrição de operar em sua máxima capacidade (II). Na sequência deve-se subordinar os demais recursos à restrição (III), garantindo a exploração proposta no passo anterior. Depois, busca-se elevar a capacidade da restrição (IV) e, por fim, como um ciclo de melhoria contínua, retorna-se ao passo um da TOC até que a restrição seja eliminada (V).

5. Desenho do Novo Processo (*To-Be*)

Após a análise do processo aplicando os conceitos da Teoria das Restrições, projeta-se um novo modelo com as mudanças e melhorias propostas na fase anterior. Salienta-se a importância de apresentar o modelo desenhado para os envolvidos no processo e para os líderes objetivando a sua aprovação.

6. Implementação

Uma vez que o desenho do novo processo é aprovado pela liderança, as ações necessárias para a implementação da proposta do novo processo são colocadas em prática.

7. Controle

Com a finalização da implementação das mudanças, deve-se acompanhar e observar o funcionamento do novo processo por um período, realizando novas coletas de dados para avaliar os resultados alcançados.

8. Refinamento

Na etapa de refinamento buscam-se pequenas melhorias no novo processo em decorrência da observação e do controle aplicados. Visando sempre a melhoria contínua, retorna-se ao passo 1 iniciando um novo ciclo de análise.

4 DESENVOLVIMENTO

A empresa objeto de estudo é uma indústria do setor agroquímico localizada na Região Sul do Brasil que tem como foco a formulação e envase de defensivos agrícolas entre fungicidas, herbicidas e inseticidas. A empresa atua principalmente no mercado de genéricos diferenciados, ou seja, desenvolvendo e fabricando formulações melhoradas de patentes vencidas.

Brevemente antes à elaboração deste estudo, a empresa desenvolveu um fungicida destinado ao combate de doenças que ocorrem nas principais culturas da produção agrícola brasileira e do continente sul-americano. O produto obteve ótimos resultados e conseguiu ganhar um amplo espaço no mercado, acumulando significativa participação nos resultados da empresa e na demanda industrial.

Porém, ainda durante os primeiros meses de fabricação em escala industrial, observou-se um desvio de qualidade em uma das matérias-primas de um fornecedor em específico, o qual levava à alteração das características físicas do produto final após alguns meses estocado, e dificultava a sua aplicação na lavoura pelo consumidor final.

Assim que o problema foi identificado, realizou-se a logística reversa dos lotes afetados e foram entregues novos produtos aos clientes. As medidas necessárias foram tomadas para identificação da causa raiz e o problema foi solucionado para as produções subsequentes, porém, a empresa precisava lidar com todo o material retornado.

Como o volume de produto restituído era expressivo, da ordem de milhões de litros, o valor do produto era alto, o custo de descarte também, tanto financeiramente quanto ambientalmente e, ainda, por ser possível o seu retrabalho, foi desenvolvido um processo de recuperação do produto visando a minimização das perdas.

O processo de recuperação do produto já acabado e embalado seria feito majoritariamente por atividades diferentes das desenvolvidas nas produções regulares, o que exigiu a criação de um novo posto de trabalho temporário. Como o processo tecnicamente não demandaria mão de obra especializada e seria realizado apenas até a finalização dos lotes estornados, ou seja, temporariamente, além de não haver capital humano ocioso, decidiu-se contratar mão de obra terceirizada temporária para execução da operação de retrabalho.

Na época, a operação de recuperação foi desenhada e implementada pelo setor de qualidade, bem como o seu controle, e foi feito inicialmente sem previsão para sua finalização, tendo em vista a baixa demanda e a premissa de uso imediato do produto resultado do retrabalho. Porém, após alguns meses, por motivos estratégicos, a demanda pela recuperação do produto aumentou expressivamente e passou a ser uma das prioridades do setor industrial. A partir deste cenário, o presente estudo se fez necessário.

A seguir estão descritas as atividades e ações realizadas para o atingimento dos objetivos deste trabalho, utilizando como metodologia o modelo proposto pelo autor, resumido no Quadro 1.

Quadro 1 – Passos do Ciclo de Melhoria Proposto e Aplicados no Desenvolvimento do Estudo

Passo	Atividade
1	Planejamento e Estratégia
2	Mapeamento e Modelagem do Processo
3	Coleta de Dados – Estudo de Tempos Cronometrados
4	Análise do Processo (<i>As-Is</i>) – Etapas de Focalização da TOC:
	I. Identificação da Restrição
	II. Exploração da Restrição
	III. Subordinação da Restrição
	IV. Elevação da Restrição
V. Evitamento da Inércia	
5	Desenho do Novo Processo
6	Implementação
7	Controle
8	Refinamento

Fonte: Autoria própria (2022)

O desenvolvimento da pesquisa-ação foi realizado seguindo os passos do ciclo de melhoria proposto pelo pesquisador representados na Figura 4 e listados no Quadro 1, apresentando os resultados obtidos a cada etapa e levantando as discussões pertinentes. Após o término da pesquisa-ação foram feitas as considerações finais.

4.1 Planejamento e Estratégia

A primeira etapa da metodologia é a identificação do processo a ser analisado e o objetivo que se deseja alcançar, os quais precisam estar alinhados aos objetivos e estratégias da empresa. No caso do presente estudo, como apresentado previamente, alguns acontecimentos internos e externos tornaram a recuperação do tal fungicida uma questão efetivamente estratégica e urgente.

Anteriormente ao início do projeto, a recuperação diária era em média de 8,5 mil litros por dia, sendo que, para atingir a demanda de volume e prazo da nova diretriz, seria necessário o retrabalho de ao menos 20 mil litros diários. Portanto, o processo analisado foi o de recuperação de fungicida e o objetivo a ser alcançado era o mapeamento e a otimização do processo de recuperação.

O prazo dado para o desenvolvimento do estudo e implementação das mudanças foi de cinco dias úteis. O responsável pelo projeto foi o próprio autor, sendo necessárias outras duas pessoas, uma para auxiliar na coleta e análise de dados, e um representante dos colaboradores terceirizados para facilitar a comunicação entre eles e o pesquisador.

Os principais recursos necessários para a prosperidade do projeto eram:

- 1 câmera fotográfica e filmadora à prova de explosão (dado às especificidades de segurança do ambiente fabril);
- 2 cronômetros digitais;
- 2 pranchetas, folhas e canetas para anotação dos valores do estudo de tempos e demais observações;
- 1 computador com o software Excel para tabulação e análise dos dados do estudo de tempos;
- 1 computador com acesso a ferramentas de modelagem gráfica de processos;
- 1 trena para medição de equipamentos e espaço físico.

Quanto às restrições, tinha-se:

- Limitação de espaço físico – devido à políticas de contaminação cruzada e segurança do trabalho, apenas um local estava disponível para instalação da operação;

- Disponibilidade de tubulações e conexões de ar comprimido no local de trabalho – fonte de energia do equipamento utilizado na operação;
- Mão de obra – a operação da empresa é em 3 turnos e 7 dias por semana, porém, para este processo, por se tratar de mão de obra terceirizada e seguindo decisões gerenciais, apenas um turno de 8,8 horas estava disponível para trabalho durante 5 dias da semana, sendo o tempo total de permanência dos operadores na empresa de 10 horas, entre descansos, pausas, almoço e outros.

Quanto às premissas antes do início do projeto:

- Os colaboradores terceirizados iriam cooperar com o estudo;
- Não haveria abstenção de colaboradores durante o mapeamento, estudo de tempos cronometrados e análise do processo;
- Haveria apoio de outras áreas da empresa e da gerência para a implementação em tempo hábil das mudanças propostas;

Não foi definido um orçamento para o projeto, porém, cada investimento necessário e proposto deveria passar pela aprovação da gerência.

A execução das atividades do projeto foi planejada conforme o Quadro 2:

Quadro 2 – Planejamento das Atividades do Projeto

Dia	Atividade
1	Planejamento e Estratégia Mapeamento e Modelagem
2	Coleta de Dados
3	Análise do Processo
4	Desenho do Novo Processo e Implementação
5	Controle e Refinamento

Fonte: Autoria própria (2022)

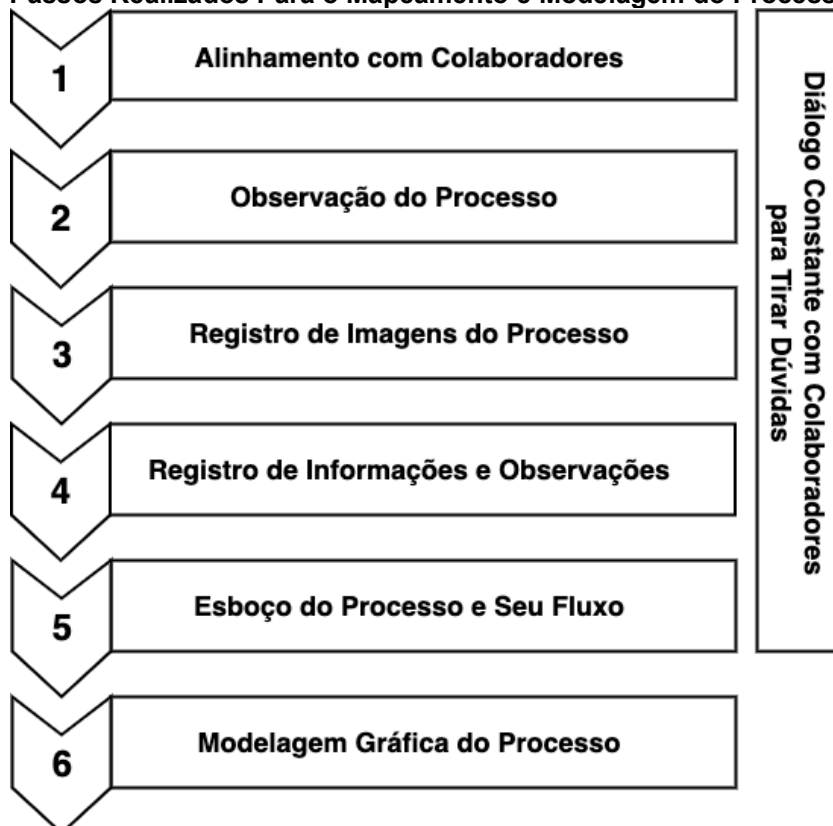
Estabelecido um processo alvo alinhado às estratégias e objetivos da empresa e levantados os principais aspectos do projeto, o passo seguinte persistiu no mapeamento e na modelagem do processo até então pouco conhecido.

4.2 Mapeamento e Modelagem do Processo (As-Is)

Nesta fase, o objetivo foi identificar as etapas do processo, os equipamentos e recursos utilizados, além do fluxo de materiais, pessoas e informações envolvidos e utilizar a modelagem gráfica para a representação dos dados obtidos. A forma mais indicada para execução desta etapa é indo pessoalmente até o local do processo para observar, registrar imagens, conversar com os colaboradores e anotar observações, havendo o cuidado de ainda não realizar sugestões de melhoria, tendo como foco, neste momento, a plena compreensão e registro da situação encontrada.

Para obter mais de uma visão, esta etapa foi realizada pelo autor com apoio de um assistente, além de ter amparo do representante dos terceirizados para garantir uma comunicação eficaz entre o autor e os colaboradores e alinhar expectativas e dúvidas. A Figura 5 apresenta os passos seguidos para a conclusão deste estágio.

Figura 5 – Passos Realizados Para o Mapeamento e Modelagem do Processo Analisado



Fonte: Autoria própria (2022)

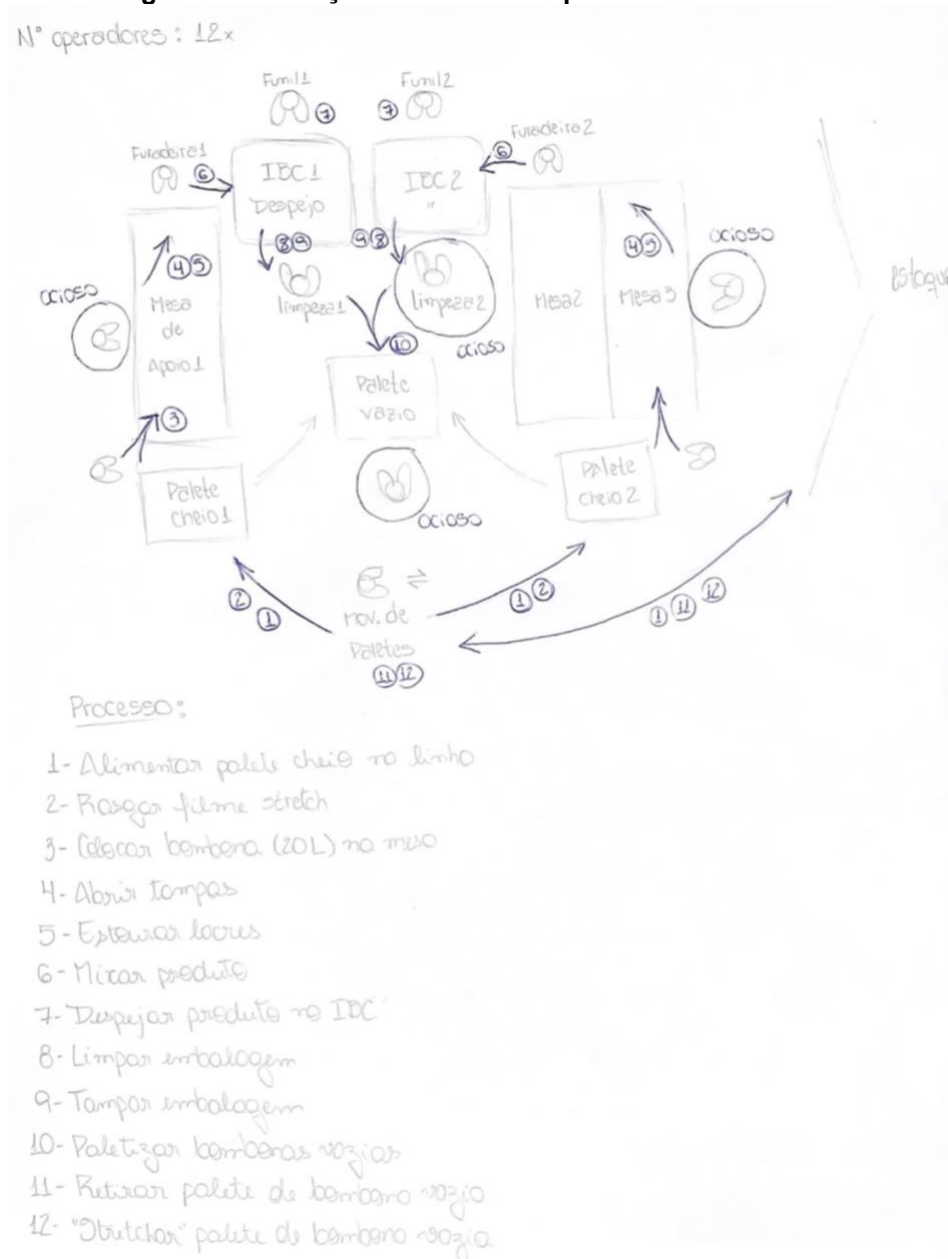
A primeira ação foi realizar um alinhamento com os colaboradores envolvidos na operação com intermediação do representante dos terceirizados, deixando-os cientes de que a rotina de trabalho deles seria acompanhada durante toda a semana, que seriam realizadas filmagens e fotografias e principalmente tirando suas dúvidas e preocupações quanto ao objetivo destas ações, solicitando o apoio deles para o entendimento do processo, esclarecimento de eventuais dúvidas, dando abertura para descreverem relatos que julgassem importantes e mais a frente contribuindo com sugestões de melhorias.

Após o alinhamento e transparência com os envolvidos diretamente na operação, levantou-se todos os recursos disponíveis e utilizados no processo avaliado, sendo estes:

- 12 operadores e 12 conjuntos de EPI:
 - Máscara facial completa e capacete;
 - Avental, luva e cinta lombar ergonômica;
 - Protetor auditivo;
 - Calça, camiseta manga longa e botina;
- 2 rádios de comunicação a prova de explosão;
- Jornada de trabalho de 44 horas semanais;
- 1 paleteira manual;
- 1 rolo de filme *stretch* laranja;
- 1 estilete com proteção de lâmina para romper filme *stretch*;
- 3 mesas de apoio, sendo:
 - 2 unidades de dimensão 290cm x 70cm x 86cm;
 - 1 unidade de dimensão 220cm x 60cm x 76cm;
- 2 pistolas pneumáticas com haste de 30cm de comprimento e hélice de duas lâminas na extremidade para agitação;
- 4 chaves de torque e destorque de tampa – específica para facilitação da abertura das tampas das bombonas envolvidas no processo;
- 2 funis de alumínio adaptados para IBC's de 1.000L;
- 1 rolo de pano de limpeza industrial;
- Plásticos de dimensão 1300cm x 1300cm para proteção do tampo do IBC;
- IBC's de 1.000L, sendo 2 por linha (trocados conforme necessidade);
- Paletes de madeira para unitização de 45 bombonas de 20L (3x5x5 BB).

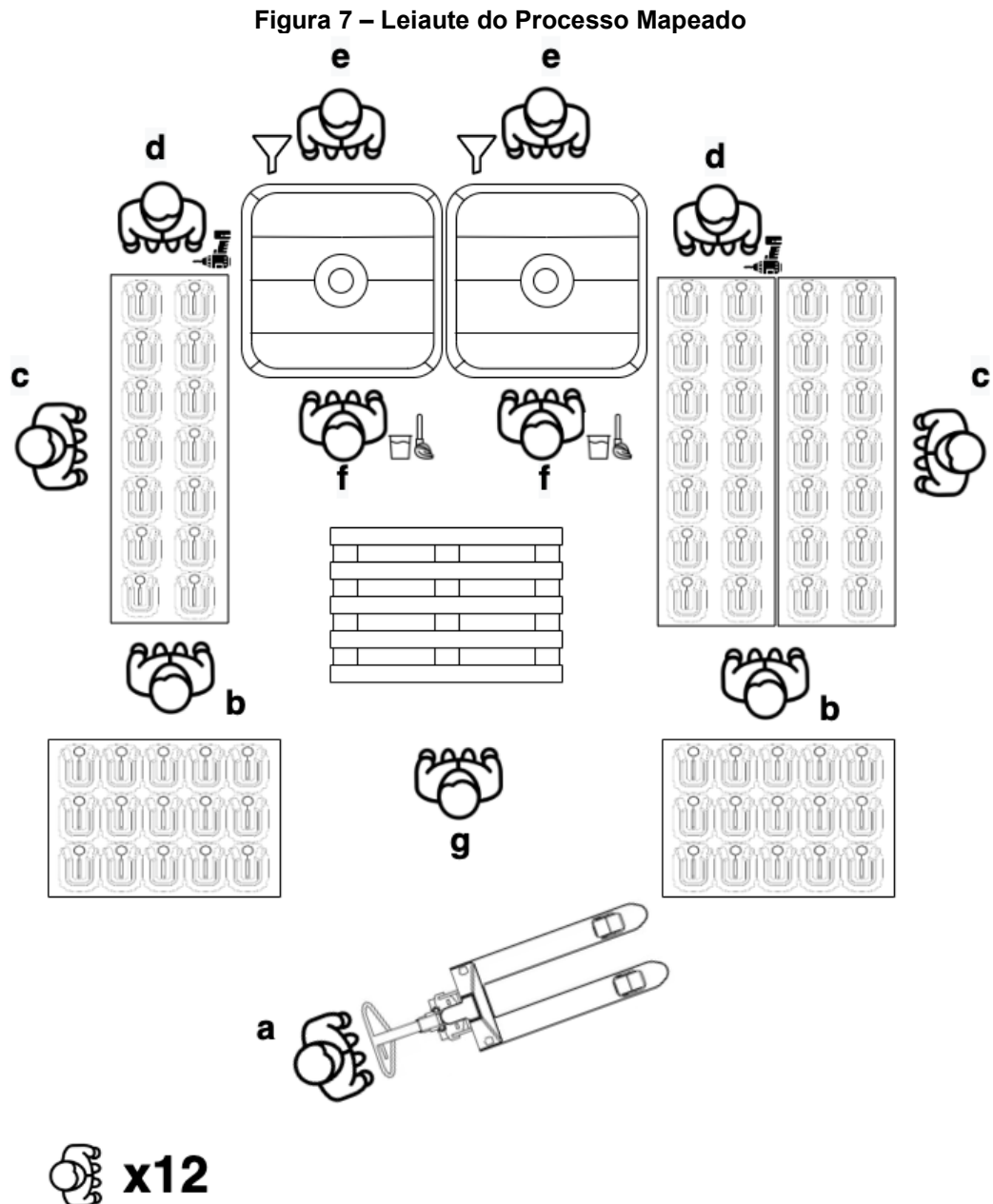
Em seguida deu-se início à observação e registro de imagens e informações. Para preservação da imagem dos colaboradores e da empresa, registros em que fosse possível a identificação de pessoas, produto ou empresa não foram divulgados neste trabalho, sendo realizadas as representações necessárias por meio de ilustrações. A seguir apresenta-se as anotações iniciais do leiaute e sequência de atividades do processo (Figura 6) realizadas pelo autor durante o processo de mapeamento.

Figura 6 – Anotações Durante o Mapeamento do Processo



Fonte: Autoria própria (2022)

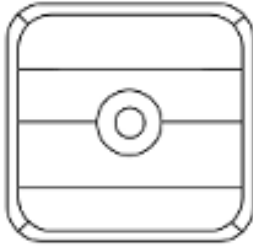

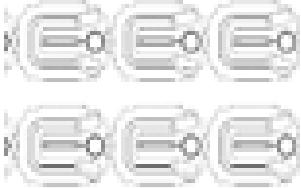

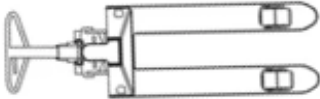

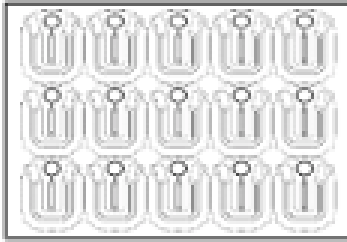

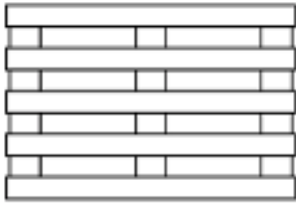






Após a observação do processo por diversas vezes e o esgotamento de dúvidas com os colaboradores, foi possível o entendimento do fluxo de pessoas, materiais e informações do processo, tornando viável sua modelagem gráfica, ilustrada nas Figuras 7 (leiaute) e 9 (fluxograma).



Fonte: Autoria própria (2022)

A legenda das figuras representativas do leiaute pode ser consultada no Quadro 3.

Quadro 3 – Legenda de Figuras do Leiaute

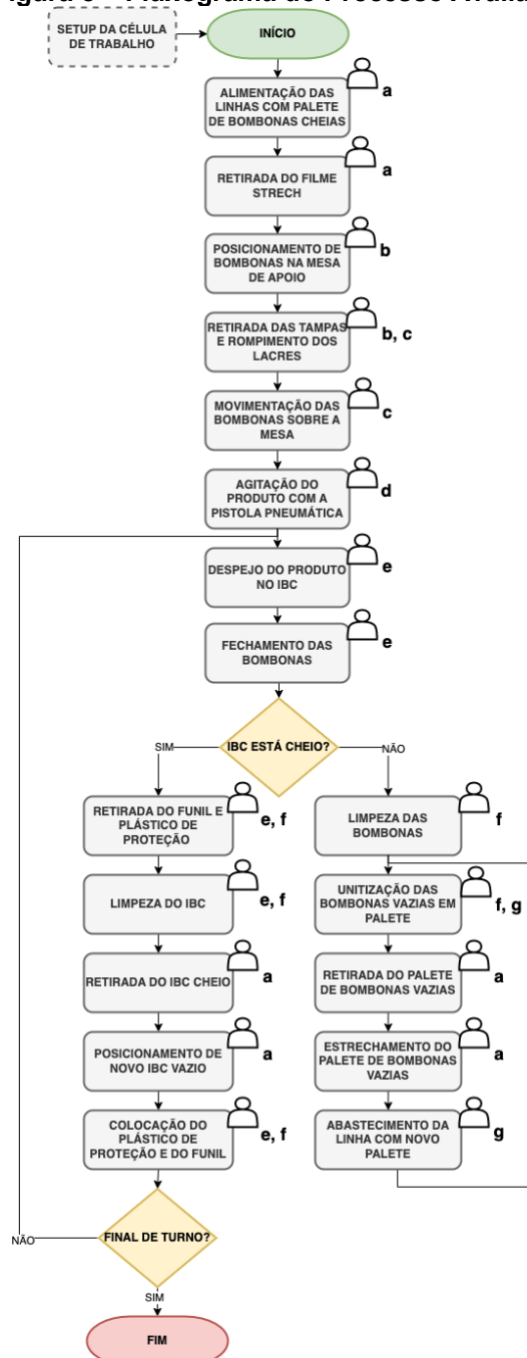
Descrição	Figura Representativa	Exemplo Imagem Real	Fonte
IBC (<i>Intermediate Bulk Container</i>) – 1.000L			Global Industrial (2022)
Conjunto de Bombonas (BB) de 20L			Autoria própria (2022)
Paleteira Manual			Lynus (2022)
Palete de Bombonas Cheias (3x5x5 bombonas de 45L)			Autoria própria (2022)
Palete de Madeira Sem Bombonas (3x5x5 bombonas de 45L)			Packaging Supplies (2022)
Operador		N/D	Autoria própria (2022)
Operador de Limpeza de Bombonas		N/D	Autoria própria (2022)
Operador de Despejo de Produto em IBC		N/D	Autoria própria (2022)
Operador de Agitação (com auxílio de furadeira pneumática)			Sasso (2022)

Fonte: Autoria própria (2022)

Nota-se que, ainda que o leiaute estivesse organizado em “U”, considera-o como linear, tendo duas operações iguais, simultâneas e espelhadas que compartilhavam tanto um operador de movimentação, quanto a etapa final de paletização de bombonas vazias. Sempre que houver esta interação entre recursos descrita, será considerada e nominada neste estudo como uma linha de produção.

Com as etapas do processo, fluxo de pessoas e informações e recursos mapeados, modelou-se o processo conforme o fluxograma expresso na Figura 10.

Figura 8 – Fluxograma do Processo Avaliado



Fonte: Autoria própria (2022)

Antes do processo ser iniciado, nos primeiros momentos da jornada laboral, era feito um *setup* da linha de trabalho que consistia, além da limpeza do local, na organização do posto de trabalho conforme o leiaute descrito na Figura 7, sendo, a disposição de dois IBC's vazios e limpos com seus respectivos funis, a colocação de um palete vazio ao centro da linha, além do ajuste das pistolas pneumáticas. As mesas permaneciam sempre na mesma posição.

Após o *setup*, o processo de recuperação do fungicida tinha início com um operador de movimentação (operador "a") que, utilizando uma paleteira manual, alimentava ambas as extremidades da linha de produção com um palete de bombonas cheias, já tendo previamente retirado o filme *stretch* de proteção e sustentação.

A partir daí, os operadores "b" retiravam manualmente as bombonas do palete posicionando-as sobre a mesa de apoio e realizando uma ligeira primeira agitação do recipiente. Com as bombonas sobre a mesa, retiravam as tampas com movimento de desenroscar e auxílio de uma chave de tampa (Figura 8), posteriormente rompendo os lacres de alumínio com um golpe de cima para baixo com a base do instrumento.

Figura 9 – Chave de Tampa Utilizada no Processo



Fonte: Alplas (2022)

Logo à frente o operador "c" atuava auxiliando na abertura das tampas e rompimento de lacres e também na movimentação das bombonas em cima da mesa para que ficassem disponíveis ao operador "d" de agitação.

Assim, o operador “d” agitava o produto com uma pistola pneumática de hélice de duas lâminas com o objetivo de homogeneizar o produto que apresentava uma fase de maior concentração ao fundo do recipiente, visando a facilitação do trabalho seguinte de despejo. Assim que a atividade era finalizada com base na percepção do operador perante o aspecto do produto, este passava a embalagem para o operador “e” que despejava o produto no IBC, posicionando a bombona com a boca para baixo no funil de apoio (Figura 9). Finalizado o despejo do produto, o operador fechava a bombona com a tampa e a posicionava em cima do IBC.

Figura 10 – Funil Adaptado Para Despejo do Produto em IBC



Fonte: Autoria própria (2022)

Como durante o processo de agitação e despejo havia derramamento e respingo de produto sobre a superfície externa da bombona, o operador “f” era responsável por limpá-la com auxílio de um pano de limpeza industrial e a realizar sua unitização no palete de bombonas vazias. O operador “g” ficava disponível para auxiliar na organização das bombonas vazias sobre o palete ou qualquer outra demanda que percebesse nas atividades do processo.

O operador “a”, de movimentação, atuava, além da alimentação de paletes com produto a ser recuperado no começo do processo, também retirando o palete ao final da linha que tivesse sido completamente unitizado com bombonas vazias e aplicando filme *stretch* para proteção e sustentação. O filme aplicado no palete de bombonas vazias possuía coloração diferente (laranja) do utilizado nos paletes de bombona cheia (transparente) para diferenciá-los e facilitar a identificação.

Por fim, outra atividade realizada no processo de recuperação era o de *setup* entre lotes, que ocorria quando um IBC era completado com 1.000 litros pela atividade de despejo. Quando isto ocorria, o operador do despejo (“e”) e o de limpeza (“f”) realizavam a limpeza do IBC, removendo o plástico de proteção e o funil. O operador de movimentação fazia a substituição do cheio por um vazio, e era feito o ajuste do novo IBC, que consistia na colocação de um novo plástico de proteção no topo do IBC e em sequência fazendo o encaixe do funil.

Quanto ao fluxo de informação, os operadores iniciavam as atividades com meta definida de ao menos 7 mil litros diários, ou seja, 7 IBC’s por dia, valor definido empiricamente e conforme a demanda da época. A logística de abastecimento e retirada de materiais entre armazém e ambiente de operação era feita pelo operador de movimentação que, via rádio, solicitava o apoio de uma empilhadeira quando necessário. Ao final do expediente, um operador ficava responsável por apontar o volume recuperado e demais informações relevantes para o supervisor de produção.

4.3 Coleta de Dados

Após o mapeamento das etapas do processo, a ação seguinte foi dedicada à coleta de dados da operação para posterior análise. A metodologia utilizada foi o estudo de tempos, realizado pelo autor e um assistente, com apoio de cronômetro digital e ficha para registro dos dados (Apêndice A).

Conforme as etapas mapeadas, para viabilizar a atividade de cronometragem e evitar-se a medição de movimentos muito curtos, alguns movimentos foram agrupados como uma atividade única a ser medida. Assim, as etapas cronometradas do processo seguiram a seguinte divisão:

- Tirar bombona do palete, destampar bombona e romper lacre;
- Agitar produto;
- Despejar e tampar;
- Limpar e unitizar bombona vazia;
- *Setup*
 - Retirada do plástico protetor, do funil e limpeza do IBC;
 - Retirada do IBC cheio;
 - Posicionamento de IBC vazio;
 - Recolocação do plástico protetor e do funil.

A coleta dos dados e os cálculos estatísticos seguiram a metodologia do estudo de tempos cronometrados para ambos os lados da linha de produção, conforme os passos: determinação do número de ciclos, cálculo do tempo cronometrado (TC), determinação do fator de ritmo (FR) e cálculo do tempo normal (TN), determinação dos fatores de tolerância (FT) e cálculo do tempo padrão e por fim, cálculo da capacidade produtiva efetiva.

4.3.1 Determinação do Número de Ciclos

Como o estudo de tempos precisa ser tratado por meio da amostragem, o primeiro passo foi calcular a quantidade de ciclos a serem medidos seguindo a Equação 1. Para o cálculo, utilizou-se o nível de confiança de 95% ($Z = 1,96$) e erro relativo (Er) de 5%. Como foram feitas 5 cronometragens prévias de cada atividade e lado da linha, o valor adotado para o coeficiente d_2 foi de 2,534 (Tabela 3). A Tabela 4 apresenta os resultados por etapa avaliada.

Tabela 3 – Número de Ciclos a Ser Medido por Atividade

Atividade	Lado da Linha	Média (Minuto Decimal)	Amplitude (Minuto Decimal)	Número de Ciclos
Movimentação de Bombonas	Esquerdo	0,32	0,02	19
	Direito	0,37	0,02	15
Agitação do Produto	Esquerdo	0,94	0,17	23
	Direito	1,15	0,20	18
Despejo	Esquerdo	0,75	0,10	22
	Direito	0,90	0,10	15
Limpeza	Esquerdo	0,45	0,03	20
	Direito	0,51	0,05	23

Fonte: Autoria própria (2022)

Não foi calculada a quantidade de ciclos a serem medidos do *setup* por terem tido apenas 5 *setups* no período de análise, assim, o tempo de todos foram coletados. Em adição, o número de ciclos a ser cronometrado de cada etapa ficou muito próximo, e, por isso, decidiu-se adotar o padrão de 23 ciclos para todos, maior número de ciclos exigido dentre os avaliados.

4.3.2 Determinação do Tempo Cronometrado (*TC*)

Com a quantidade de ciclos determinada, prosseguiu-se para a coleta dos tempos de cada atividade e o cálculo do tempo cronometrado de cada, que consiste na média simples dos valores obtidos (Tabela 4).

Tabela 4 – Tempos Cronometrados de Cada Atividade

Atividade	Lado da Linha (Minuto Decimal)	
	Esquerdo	Direito
Movimentação de Bombonas	0,33	0,37
Agitação do Produto	1,01	1,25
Despejo	0,69	0,83
Limpeza	0,44	0,48
Setup	3,51	3,57

Fonte: Autoria própria (2022)

4.3.3 Determinação do Tempo Normal (*TN*)

Para o cálculo do tempo normal, leva-se em consideração o ritmo do operador avaliado durante a medição dos tempos de sua atividade, para então, aplicar um fator de ritmo visando encontrar um tempo de operação normalizado perante a velocidade de sua execução. Estes fatores foram aplicados às atividades avaliadas e também aos diferentes operadores (Tabela 5) conforme a percepção do autor e validação do líder dos operadores.

Tabela 5 – Tempos Normalizados Por Fator de Ritmo

Atividade	Lado da Linha					
	<i>TC</i>	Esquerdo <i>FR</i>	<i>TN</i>	<i>TC</i>	Direito <i>FR</i>	<i>TN</i>
Movimentação de Bombonas	0,33	100%	0,33	0,37	95%	0,35
Agitação do Produto	1,01	110%	1,11	1,25	90%	1,13
Despejo	0,69	110%	0,76	0,83	95%	0,78
Limpeza	0,44	95%	0,42	0,48	95%	0,45
Setup	3,51	100%	3,51	3,76	95%	3,57

Fonte: Autoria própria (2022)

Nota-se que todos os operadores do lado direito da linha de produção tiveram um fator de ritmo inferior a 100%, ou seja, trabalhavam abaixo da velocidade considerada normal para suas atividades, enquanto que os trabalhadores do lado esquerdo, com exceção do de limpeza, trabalhavam ou em ritmo superior ou normal. Isto se explica pela experiência dos operadores, que, em conversa, relataram ter se organizado entre uma equipe mais experiente (esquerda) e outra mais nova na atividade (direita).

4.3.4 Determinação do Tempo Padrão (*TP*)

Para o processo avaliado, a empresa prevê um tempo total de 60 minutos de descanso, sendo 30 minutos para hidratação e outros 30 minutos para fadigas. O tempo total de permanência dos operadores na empresa é de 10 horas diárias. Assim, para a determinação do tempo padrão, calculou-se antes o tempo permissivo (*p*) e em sequência o fator de tolerância:

$$p = \frac{60}{600} = 0,1$$

$$FT = \frac{1}{(1 - 0,1)} = 1,11$$

Calculado o fator de tolerância, foi possível chegar ao tempo padrão de cada atividade cronometrada, conforme a Tabela 6, e o tempo médio padrão das atividades da linha de produção.

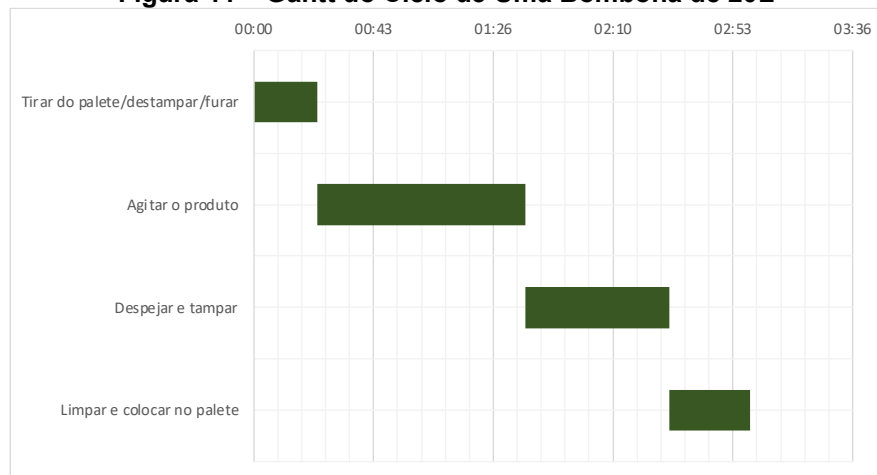
Tabela 6 – Tempo Padrão Das Atividades

Atividade	Lado da Linha						Tempo Médio Padrão da Linha
	Esquerdo			Direito			
	<i>TN</i>	<i>FT</i>	<i>TP</i>	<i>TN</i>	<i>FT</i>	<i>TP</i>	
Movimentação de Bombonas	0,33	1,11	0,39	0,35	1,11	0,39	0,39
Agitação do Produto	1,11	1,11	1,24	1,13	1,11	1,25	1,24
Despejo	0,76	1,11	0,85	0,78	1,11	0,87	0,86
Limpeza	0,42	1,11	0,47	0,45	1,11	0,50	0,49
Setup	3,51	1,11	3,90	3,57	1,11	3,97	3,93

Fonte: Autoria própria (2022)

Obtido o tempo padrão médio das atividades, plotou-se o tempo de ciclo médio (02:59) de uma bombona de 20L por meio de um gráfico de Gantt (Figura 11).

Figura 11 – Gantt do Ciclo de Uma Bombona de 20L



Fonte: Autoria própria (2022)

O gráfico possibilitou o entendimento inicial da potencial restrição do sistema e a visualizar a contribuição de cada etapa do processo para o tempo de ciclo.

4.3.5 Determinação da Capacidade Produtiva Efetiva

A carga horária de trabalho disponível para a atividade era de 8,8 horas diárias e o tempo total de permanência dos operadores na empresa era de 10 horas diárias, das quais eram previstas as seguintes paradas planejadas: 1,5 hora de almoço, 30 minutos para preparação da fábrica e uma hora ao final para organização do local e banho dos colaboradores. Portanto, a carga horária efetiva de trabalho prevista era de 7 horas ou 420 minutos.

Conhecendo-se as médias dos tempos padrões e o tempo total disponível para trabalho, foi possível calcular a capacidade produtiva efetiva da operação (Tabela 7).

Tabela 7 – Cálculo da Capacidade Produtiva Efetiva

Operação Matemática	A	B	C	D	E	F	G	H
Unidade	N/D <i>TP</i> (min)	(1/A) BB/min	(B*20L*85%) L/min	(1.000L/C) min/IBC	N/D <i>Tsetup</i> (min)	(D+E) min/IBC	[2*(420 min/F)] IBC/dia	(G* 1.000L) L/dia
Movimentação de Bombonas	0,39	2,59	41,50	24,09	3,93	28,03	29,97	29.969
Agitação do Produto	1,24	0,80	13,67	73,15	3,93	77,09	10,90	10.896
Despejo	0,86	3,49*	59,28	16,87	3,93	20,80	40,38	40.377
Limpeza	0,49	2,06	35,03	28,55	3,93	32,48	25,86	25.959

*Nota: O funil permite que o operador despeje até 3 bombonas simultaneamente, portanto, para o cálculo da capacidade do despejo, na coluna B foi aplicado um fator multiplicador de 3.

Fonte: Autoria própria (2022)

Como o controle da produção era feito por IBC de 1.000L, havia uma atividade cíclica que adicionava tempo a cada IBC finalizado (*setup*) e os tempos padrões das atividades, com exceção do *setup*, foram calculados para bombonas de 20L, o cálculo da capacidade produtiva efetiva foi ajustado para a unidade de medida “IBC” (1.000L). Outro dado importante para o cálculo foi a consideração de 15% de perda de produto por bombona despejada, que era a média de volume perdido por unidade observado no estudo, considerado na coluna C. Na prática, é a quantidade de produto que não se conseguia remover das embalagens durante a atividade de retrabalho. Na coluna G, um fator multiplicador de 2 foi utilizado uma vez que cada linha de produção possuía duas operações idênticas em paralelo.

4.4 Análise de Processos (As-Is)

Alcançada a plena compreensão do processo estudado (*As-Is*) mediante o mapeamento e a modelagem de suas etapas e o levantamento de seus tempos e capacidades, tornou-se possível analisá-lo por meio das etapas de focalização da Teoria das Restrições.

4.4.1 Identificar a Restrição

Seguindo os conceitos da TOC, o foco da melhoria de um processo deve ser dado à sua restrição, pois ela é o fator que limita o desempenho do sistema. No presente trabalho foi possível medir a capacidade produtiva de cada etapa do processo de retrabalho estudado a partir do estudo de tempos cronometrados, para então, identificar a restrição do sistema.

Antes de coletar os dados, suspeitava-se que a restrição do processo era a etapa de agitação, visto que podia-se observar fila sendo formada na etapa anterior e ociosidade na etapa seguinte. Os resultados obtidos e apresentados na Tabela 7 confirmaram matematicamente que a restrição do processo de retrabalho era de fato a etapa de agitação, com uma capacidade efetiva diária de 10.896L, portanto, sendo esta também a capacidade global efetiva do processo de retrabalho do fungicida.

Identificada a etapa restritiva e levantados todos os dados e informações necessários, avançou-se para a análise do processo visando propor melhorias mediante a exploração, subordinação e elevação da restrição. Somente depois da

análise, projeção e da validação pela gerência é que se deu continuidade para a execução das ações de melhoria propostas.

4.4.2 Explorar a Restrição

A etapa de exploração busca avaliar formas de maximizar o desempenho da restrição. Neste caso, analisando a etapa de agitação do produto, foram identificados três principais oportunidades de explorá-la. A primeira delas é quanto à diferença de eficiência entre o colaborador do lado esquerdo da linha para o operador do lado direito. Recordando-se a média de tempo cronometrado de ambos, enquanto o primeiro levava 1 minuto para realizar sua função, o segundo levava 1 minuto e 15 segundos, uma defasagem de 25% de eficiência.

Em conversa com os colaboradores, identificou-se que estes haviam se dividido entre trabalhadores com mais tempo de exercício e trabalhadores mais novos na função, o que explica não só a diferença no tempo de execução da etapa restritiva mas também em todas outras etapas do processo. Portanto, uma forma de explorar a restrição, em um dos lados da linha de produção, seria realizar um treinamento dos operadores menos experientes pelos mais experientes, visando transmitir a melhor forma de desempenhar suas funções e conseqüentemente buscando a diminuição do tempo de execução da restrição.

Quanto à exploração da restrição por meio da redução dos períodos de inatividade, levantou-se primeiramente os tempos previstos e acordados:

Atividade	Tempo (min)
Diálogo Diário de Segurança e Preparação da Fábrica	30
Pausa para Descanso	30
Almoço	90
Pausa para Hidratação	30
Limpeza do Local e Banho dos Colaboradores	60
TOTAL	240

Fonte: Autoria própria (2022)

Em conversa com a gerência e com o responsável pelo contrato dos terceirizados, constatou-se que não seria possível reduzir nenhum dos tempos de inatividade, entretanto, foi observado que alguns destes tempos não eram

cumpridos, como por exemplo, em um dos dias de observação, notou-se que as pausas que deveriam ser de 30 minutos se prolongavam até 50 minutos. O mesmo foi observado para outras paradas previstas. Assim, uma oportunidade de ganho seria a garantia de cumprimento dos tempos previstos de inatividade por meio de supervisão e de alinhamento com os operadores.

Outra oportunidade para explorar a restrição foi observada durante os períodos de *setup*, quando os operadores de despejo e limpeza paravam suas atividades para trocar o IBC cheio por um novo vazio. Durante este procedimento, notou-se que os operadores de agitação também paravam suas atividades. Porém, considerando o tempo médio de agitação e o tempo médio de *setup*, caso o operador da restrição continuasse sua atividade, seria possível agitar 3 bombonas a mais a cada período de *setup*. Deste modo, levando em conta que até o momento do estudo eram realizados em média 6 *setups* por dia, seriam 18 bombonas a mais por dia, ou, já considerando a perda de 15% de volume por embalagem, o equivalente a 306 litros, o que representa aproximadamente um terço de um IBC.

4.4.3 Subordinar a Restrição

Como a restrição impõe o ritmo e a capacidade do processo, entende-se que as etapas não restritivas devem trabalhar garantindo o fluxo programado da restrição. Para avaliar a subordinação, utilizou-se os dados de tempo padrão médio das atividades (Tabela 9).

Atividade	TP (Minuto Decimal)
Movimentação de Bombonas	0,39
Agitação do Produto	1,24
Despejo	0,86
Limpeza	0,49
<i>Setup</i>	3,96

Fonte: Autoria própria (2022)

Antes de iniciar a análise de subordinação das tarefas não restritivas, entendeu-se ser relevante constatar que foi identificada ociosidade de 4 operadores: dos dois operadores “c” que apoiavam na atividade de movimentação de bombonas,

de um dos operadores “f” de limpeza e do operador “g” que não possuía atividade definida.

Pensou-se primeiramente em desconsiderar ambos operadores “c” visto que o desempenho dos operadores “b” era suficiente para gerar um pulmão de segurança para a restrição, com capacidade cerca de três vezes maior. Portanto, seria possível reduzir 2 operadores por linha e ainda sim gerar um pulmão que garantisse a plena atividade da restrição ainda que em casos de interrupção da etapa predecessora.

Quanto à atividade subsequente à restrição, o despejo, de acordo com os dados de tempo, sabia-se que trabalhava com sua capacidade reduzida. Assim, portanto, pensando na subordinação das atividades não restritivas, fazia sentido manter o operador de despejo operando em capacidade mínima.

Por fim, por mais que se tenha notado ociosidade em um dos operadores da atividade de limpeza, descartou-se a hipótese de reduzi-los para apenas um operador “f” ao levar em consideração as paradas cíclicas para *setup*. Isto porque como os *setups* dos dois lados não ocorriam simultaneamente, caso se optasse por apenas um operador de limpeza, durante a ação de *setup* em um dos lados o operador deixaria de atuar com a limpeza na operação vizinha, gerando uma fila de aproximadamente 5 bombonas que aumentaria conforme o retorno da operação do outro lado da linha. Contudo, ainda seria possível dispensar o operador “g”.

Em resumo, avaliando a situação inicial da operação, não seria possível fazer alterações na subordinação das atividades, estando estas já compassadas. Entretanto, realizando a análise de subordinação, notou-se ser factível a redução de 3 operadores, gerando economia financeira para a empresa.

4.4.4 Elevar a Restrição

Pensadas ações para minimização de desperdícios e de aumento de desempenho, visando obter aumento ainda maior da performance do sistema, buscou-se elevar o desempenho da própria restrição. Para isso, pensou-se em, ao invés de dispensar os colaboradores “c”, adicionar 2 pistolas à linha de produção e transferi-los para a atividade de agitação. Com isso, esperava-se aumentar significativamente a capacidade da restrição e conseqüentemente de toda a linha.

Foi necessário aferir o sistema de tubulação e conexão de ar comprimido disponível no local para confirmar a possibilidade de se trabalhar com 4 pistolas

pneumáticas simultaneamente sem perda de eficiência dos equipamentos. Para tal, foi solicitado apoio ao setor de manutenção que acabou validando a viabilidade. Com dois operadores de agitação de cada lado da linha, esperava-se dobrar a capacidade de agitação de bombonas de 0,80 BB/min para 1,61 BB/min, conseqüentemente aumentando a capacidade de recuperação de 10.896L para 20.734L (Tabela 10), um acréscimo de 90% na capacidade produtiva.

Tabela 10 – Capacidade da Restrição Após Sua Elevação

Unidade	BB/min	L/min	min/IBC	Tsetup	min/IBC	IBC/dia	L/dia
Agitação do Produto	1,61	27,34	36,58	3,93	40,51	20,73	20.734

Fonte: Autoria própria (2022)

4.4.5 Evitar a Inércia

A proposta de elevação da restrição apresentada no passo anterior demandou uma reavaliação de todo o processo desde o primeiro passo da focalização da TOC, visando compreender as conseqüências da mudança e as necessidades de adequação, evitando a inércia.

Como a proposta implicou numa alteração da capacidade produtiva da etapa de agitação, até então restrição do processo, foi preciso reavaliar as capacidades das etapas do retrabalho, com o objetivo de identificar uma possível mudança da restrição. Além disso, a subordinação das demais etapas à restrição foi revista e outra vez analisou-se as possibilidades de sua exploração e elevação.

A Tabela 11 apresenta os dados de capacidade das etapas do processo antes e após as propostas de melhoria.

Tabela 11 – Capacidade Efetiva Antes e Após Propostas de Melhoria

Atividade	Capacidade Inicial (BB/min)	Capacidade Inicial (L/dia)	Capacidade com Elevação da Restrição (BB/min)	Capacidade com Elevação da Restrição (L/dia)
Movimentação de Bombonas	2,59	29.969	2,59	29.969
Agitação do Produto	0,80	10.896	1,61	20.734
Despejo	3,49	40.377	3,49	40.377
Limpeza	2,06	25.959	2,06	25.959

Fonte: Autoria própria (2022)

Nota-se que a etapa de agitação continuou sendo a restrição do processo mesmo após a sua elevação, portanto, seguindo a Teoria das Restrições, não foi necessário aumentar a capacidade das outras atividades não restritivas.

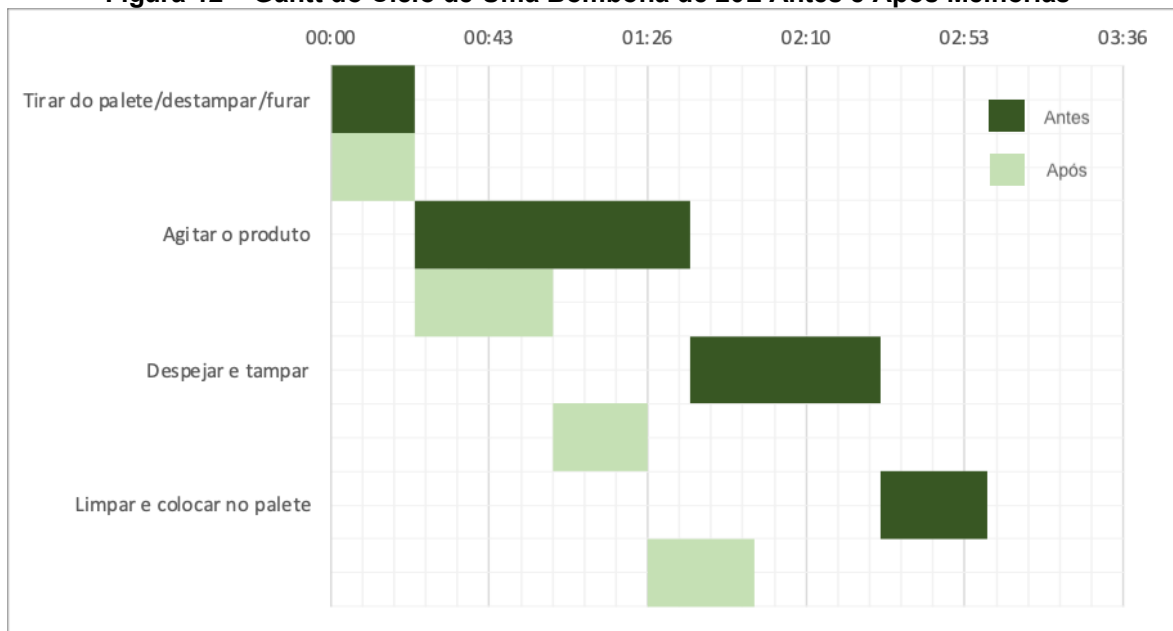
Quanto à exploração da restrição, nada mudou perante o primeiro ciclo de avaliação. Em relação ao terceiro passo da TOC, a subordinação, precisou-se ajustar a programação da etapa subsequente à agitação, o despejo, subordinando sua capacidade à nova capacidade da restrição. Desta forma, ao invés de despejar uma bombona por vez, seria necessário passar a despejar duas concomitantemente; demanda factível dada a capacidade de três bombonas simultâneas da etapa de despejo.

Esta alteração geraria impacto na atividade final de limpeza e unitização, a qual passaria a apresentar pequena fila. Contudo, como as bombonas após o despejo eram posicionadas em cima do próprio IBC, não haveria espaço para a formação de fila, conseqüentemente levando à um atraso da etapa antecessora.

Para resolver a situação, pensou-se em um ajuste do leiaute da linha. Como havia duas mesas de apoio no lado direito (Figura 7), sem necessidade da segunda, considerou-se posicionar esta mesa sobressalente ao centro da linha de produção, entre os IBC's. Assim, ao invés dos operadores de despejo colocarem as bombonas vazias em cima do próprio IBC, passariam a ter uma mesa de apoio que permitiria a formação de pulmão.

Com as mudanças de capacidade do sistema e da subordinação das tarefas, o tempo de ciclo de uma bombona de 20 litros também sofreu alteração, passando de dois minutos e cinquenta e nove segundos para um minuto e cinquenta e seis segundos, uma redução de 35%. Um novo gráfico de Gantt foi plotado para comparar visualmente a redução do tempo de ciclo de uma bombona de vinte litros após a proposição das melhorias (Figura 12).

Figura 12 – Gantt do Ciclo de Uma Bombona de 20L Antes e Após Melhorias



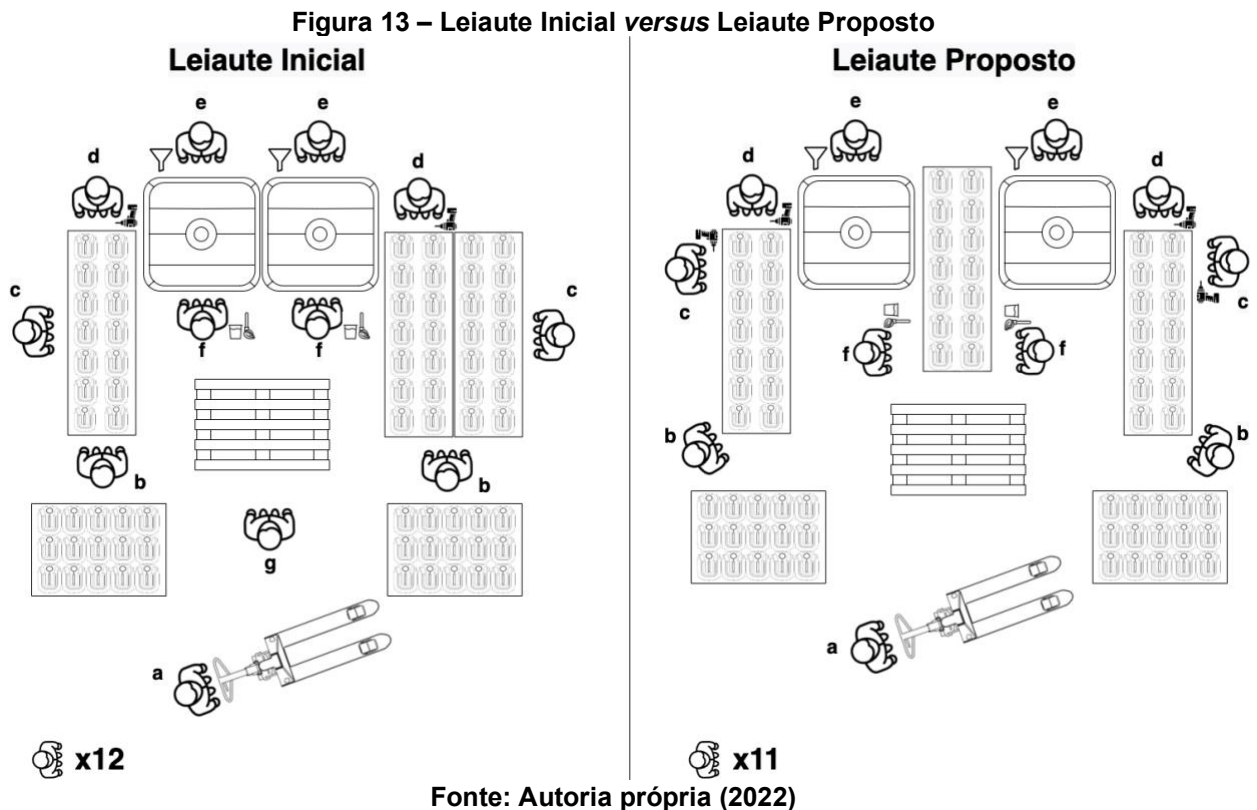
Fonte: Autoria própria (2022)

Percebe-se que, além da considerável redução do tempo de ciclo da bombona, as atividades passaram a ter tempos de execução similares após o exercício de subordinação ao gargalo das etapas não restritivas.

Por fim, não havendo expectativa exequível de elevar ainda mais a restrição e com as possibilidades de melhoria até o momento esgotadas, encerrou-se o ciclo de análise da Teoria das Restrições e avançou-se para o próximo passo da metodologia, que objetivava modelar o novo processo proposto.

4.5 Desenho do Novo Processo (*To-Be*)

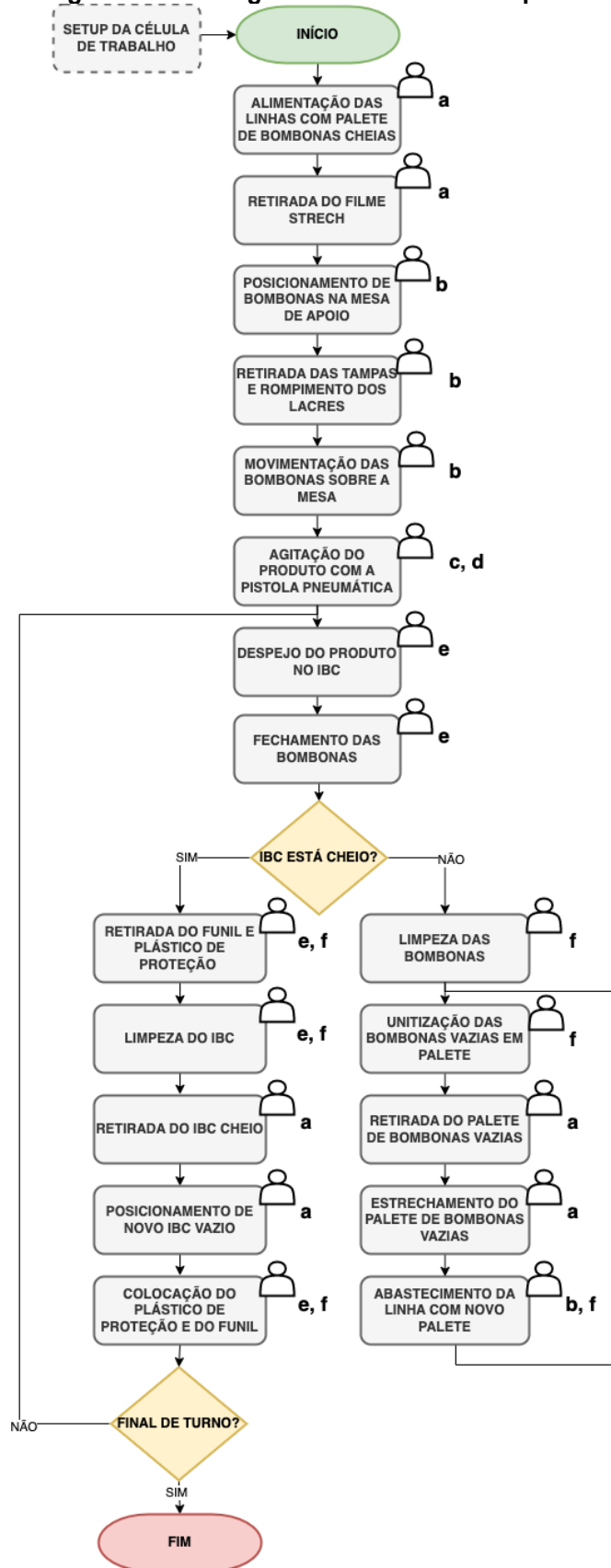
Após analisar o processo aplicando os conceitos da TOC e chegar à uma proposta para um novo modelo (*To-Be*), foi feita a modelagem do leiaute e do processo recomendado, representados nas figuras 13 e 14.



Na Figura 13 é possível comparar o leiaute do processo do início do estudo, quando foi mapeado, e o leiaute proposto. As principais diferenças estão na redução de um operador (g), na mudança de função dos operadores “c” com a adição de duas novas pistolas pneumáticas de agitação, e na realocação de uma das mesas do lado direito para o centro da linha de produção, organizando a operação entre o despejo e a limpeza de bombonas.

Todavia, não houve alteração no fluxo de trabalho como pode ser visto na Figura 14, havendo apenas mudanças de responsabilidade de operadores em algumas atividades com a mudança do operador “c” para a agitação e a extinção da função “g”.

Figura 14 – Fluxograma do Processo Proposto



Fonte: Autoria própria (2022)

Todo o estudo realizado, os resultados esperados, o leiaute e o fluxograma proposto foram apresentados à gerência para aprovação tanto do conceito quanto do investimento necessário. O projeto foi muito bem aceito e foi dado o aval para sua implementação. Vale ressaltar que as alterações também foram apresentadas para os operadores da linha para colheita de opiniões e sugestões. Não foi levantada nenhuma objeção e todos concordaram com as ideias sugeridas e se propuseram, inclusive, a auxiliar na implementação.

4.6 Implementação

Uma vez aprovado o conceito e o financiamento para o projeto, deu-se início a sua execução. O investimento solicitado foi baixo considerando-se o retorno esperado e o custo do produto recuperado. Foi necessário apenas a aquisição de duas novas pistolas pneumáticas que custaram em média R\$300,00 cada. Para a compra dos equipamentos, foi verificado um fornecedor na própria cidade da empresa que possuía algumas unidades em estoque. A compra foi feita e aprovada no mesmo dia.

Outros recursos necessários eram as respectivas mangueiras e engates rápidos para conexão das pistolas na rede de ar comprimido. Foi aberta uma nota de manutenção e solicitado apoio extraordinário para a equipe de mecânicos a qual no mesmo dia verificou que havia os equipamentos necessários em estoque e prontamente realizou a instalação das pistolas.

Com os novos equipamentos instalados, o passo seguinte foi a alteração do leiaute da linha de produção. Para tal, foi solicitado ajuda para os próprios operadores da linha. Em alguns minutos a alteração foi concluída e pôde-se dar sequência para o treinamento da equipe.

Antes de iniciar o treinamento, conversou-se com o líder dos terceirizados e com os trabalhadores do lado esquerdo da linha, mais experientes e com melhor eficiência de trabalho, os quais aceitaram ajudar dando treinamento para os demais. Durante uma hora, todos operadores aprenderam a executar todas as funções da linha de produção, instruídos pelo respectivo melhor operador de cada função. Além da capacitação, também foi discutido com intermédio do representante do terceirizados, a questão do cumprimento dos tempos previstos de parada.

4.7 Controle

Após a implementação, no quinto e último dia disponível para a execução e finalização do projeto, não houve abstenção e trabalhou-se normalmente com o novo formato da linha de produção. A produção foi acompanhada pelo autor durante o dia todo e, ao final do expediente, atingiu a marca de 19 IBC's ou 19.000L ante a capacidade efetiva prevista de 20.734L.

Depois de um tempo do término do projeto foram levantados os apontamentos de produção dos 4 meses anteriores ao início e execução do projeto, e os quatro meses seguintes ao seu término, apresentados na Tabela 12.

Tabela 12 – Histórico de Produção Antes e Após o Estudo

Mês	Antes do Estudo (L)	Após o Estudo (L)
1	10.500	18.500
2	7.000	15.800
3	7.800	12.800
4	8.700	18.200
Média	8.500	16.300

Fonte: A autoria própria (2022)

Considerando que antes do estudo a linha de produção operava com 12 operadores e, após as melhorias, apenas 11, calculou-se a produtividade por operador de uma linha a partir da média de produção antes e após o estudo:

$$Produtividade\ Inicial = \frac{8.500\ L}{10\ horas \times 12\ operadores} = 70,83\ L/(hora.\ operador)$$

$$Produtividade\ Final = \frac{16.300\ L}{10\ horas \times 11\ operadores} = 148,18\ L/(hora.\ operador)$$

Observa-se que, avaliando um mesmo intervalo de tempo, houve um aumento de 109% da produtividade média por operador e de 91% por linha de produção após a implementação das melhorias realizadas pelo estudo. Pontua-se que a variação do volume de produção observada entre os meses se deu principalmente por abstenções dos colaboradores terceirizados em alguns dias de trabalho. Ainda, notou-se que os tempos previstos de paradas continuaram sendo excedidos em alguns expedientes, influenciando também na produtividade. A sugestão de alocar um supervisor visando a garantia do cumprimento dos tempos de parada prevista não foi aplicada.

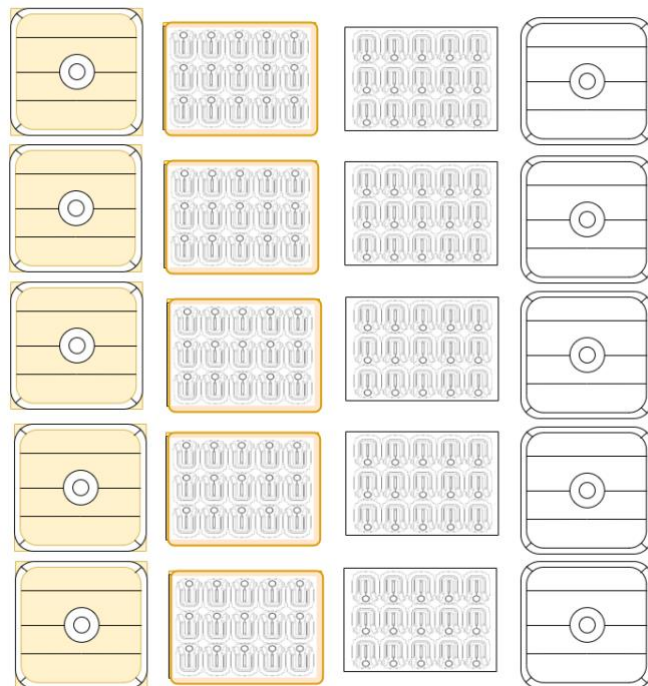
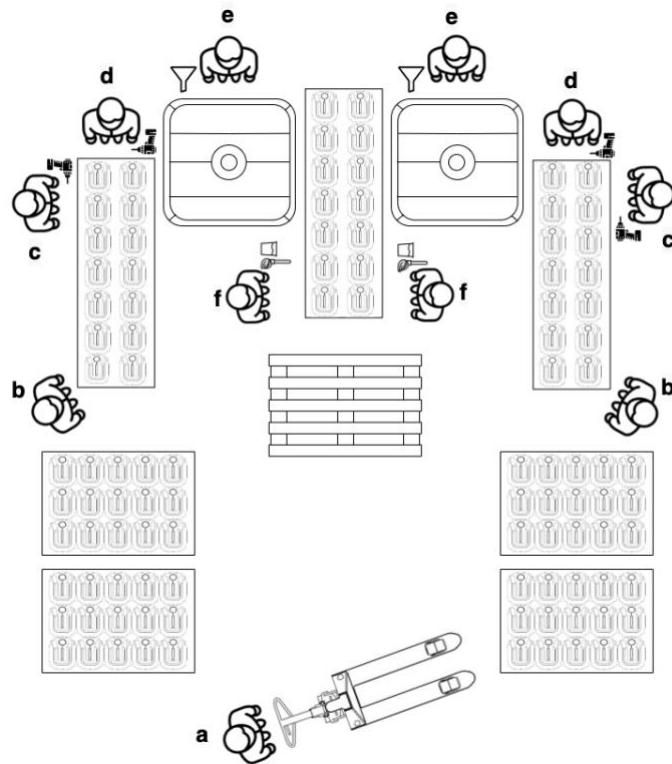
Por fim, considerando o problema de partida de atendimento de uma demanda crescente pela recuperação de ao menos 20 mil litros diários, após a execução do estudo e comprovação dos resultados, sugeriu-se à gerência a adição de meia linha de produção, com a contratação de seis novos operadores, assim, passando a ter uma capacidade de trinta e um mil litros. Todavia, até o período de controle, após quatro meses, a implementação de uma nova linha de produção não havia sido realizada.

4.8 Refinamento

O refinamento, decorrente principalmente das observações e controles realizados após a implementação das melhorias, deu-se por pequenos detalhes. O primeiro deles foi observar a dificuldade dos operadores “e” de despejo em ter tampas disponíveis ao alcance para o fechamento das bombonas. Pensou-se então em adaptar uma solução com um balde e um gancho para pendurar na estrutura do IBC em uma posição de fácil alcance. Outro balde idêntico foi disponibilizado à mesa para que o operador “b” dispusesse as tampas que retirasse das embalagens. Quando necessário, o operador de despejo sinalizava para que seu balde fosse substituído.

Outros dois refinamentos feitos foram referentes à estoque e movimentação de material. Antes da execução do projeto, o operador “a” de movimentação de carga realizava sua operação em baixo ritmo, sem dificuldades em relação ao seu tempo de execução e a demanda da linha. Porém, com a nova produtividade do processo, precisou aumentar o ritmo de sua movimentação, mas ainda sim sendo capaz de atender a demanda da linha. Entretanto, pensou-se em duas melhorias, uma delas referente à organização do estoque e alteração de seu local e leiaute, e a adição de um pulmão de palete de bombonas no início da linha para agilizar a reposição do material. A Figura 15 representa as alterações.

Figura 15 – Leiaute Após Refinamento



Fonte: Autoria própria (2022)

Nota-se que, além do pulmão de paletes no início da linha para agilizar o abastecimento da linha, alterou-se o local do estoque que antes ficava ao lado da linha, passando para sua frente e facilitando a movimentação do operador de paleteira.

Além disso, o estoque foi organizado em quatro diferentes fileiras, uma de IBC's cheios (amarelo) em local mais próximo ao processo seguinte que os utiliza como matéria-prima, uma fileira de paletes de bombonas vazias (com *stretch* laranja), outra de paletes com bombonas cheias a serem utilizadas no processo de retrabalho e uma fileira de IBC's vazios para serem repostos na linha. Geralmente as últimas duas posições de cada fileira ficam com empilhamento de 4 andares e, quando é necessário acessá-las, o operador "a" solicita apoio via rádio à um operador de empilhadeira.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Propôs-se neste trabalho a aplicação de um modelo para melhoria de processos baseado no ciclo de vida do *Business Process Management* e nas etapas de focalização da Teoria das Restrições, dois conjuntos de práticas amplamente utilizados em diferentes ambientes e processos, para, neste caso, mapear, analisar e melhorar o processo de recuperação de um produto em uma indústria agroquímica.

A realização deste estudo era importante para a empresa pois em determinado momento observou-se um crescimento repentino em sua demanda por um produto retrabalhado, cujo processo era pouco conhecido, e que não seria possível ser atendida, se mantida a situação inicial. Assim, os objetivos foram mapear, analisar e aumentar a produtividade e a capacidade do processo por meio da aplicação do modelo proposto.

Como resultado da aplicação do modelo, conseguiu-se mapear e modelar o processo inicial. Depois com apoio de dados levantados fazendo uso do estudo de tempos, foi possível embasar a análise do processo mediante as etapas de focalização da TOC e desenhar um novo processo. Com as melhorias propostas e aplicadas, alcançou-se um acréscimo de 90% na capacidade produtiva, um aumento de 91% na produtividade média da linha de produção e de 109% na produtividade média por operador com a redução de um operador por linha.

Sendo assim, o modelo apresentado se mostrou eficaz e possibilitou que o trabalho cumprisse com os objetivos propostos, entregando à empresa um processo mapeado, modelado, com clareza de qual é a restrição do sistema e das capacidades de cada etapa, além de ter entregado ganhos significativos em capacidade e produtividade. Considera-se possível replicar o modelo em outros processos da empresa objeto de estudo além de contribuir para pesquisas futuras.

Por fim, para trabalhos futuros em que se pretenda aplicar o modelo apresentado e que a mão de obra envolvida também seja terceirizada, propõe-se explorar o conceito de contrato de terceirização por resultado, por se mostrar uma boa oportunidade para ganhos de produtividade e, no presente estudo, ter sido uma dificuldade encontrada.

REFERÊNCIAS

ABPM, BPM CBOOK. **Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio**. V3.0. São Paulo: BPM, 2013.

ALPLAS. **Site da Alplas**, 2022. Cap tightener. Disponível em: <<https://www.alplas.com.au/product/nw50-cap-tightener/>>. Acesso em: 14 out. 2022

AMARAL, D. C.; SILVA, S. L.; SCALICE, R. K. **Gestão de Desenvolvimento de Produtos**: Uma Referência Para Melhoria do Processo, 1ª edição. São Paulo: Editora Saraiva, 2006. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788502111868/>>. Acesso em: 12 mai. 2022.

BARNES, R.M. **Estudo de Movimentos e de Tempos**: Projeto e Medida do Trabalho. 6 ed. São Paulo: Editora Blucher, 1977.

BIAZZO, S. **Approaches to business process analysis**: a review, Vol.6 N°2, p.7. U.K.: Business Process Management Journal, 2000.

BRASIL. **Decreto 4.074, de 4 de janeiro de 2002**, que regulamenta a **Lei 7.802/1989**, em seu artigo 1º, inciso IV. Dispõe sobre todas as atividades relacionadas a agrotóxicos, seus componentes e afins, e dá outras providências.

BRASIL. **Lei nº 13.429, de 31 de março de 2017**. Altera dispositivos da Lei nº 6.019 de 3 de janeiro de 1974 e dispõe sobre as relações de trabalho na empresa de prestação de serviços a terceiros. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2017/lei/l13429.htm>. Acesso em: 13 jun 2022

BRASIL. **Lei nº 6.019 de 3 de janeiro de 1974**. Dispõe sobre o trabalho temporário nas empresas urbanas, e dá outras providências. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L6019.htm>. Acesso em: 13 jun 2022

CENTRO DE ESTUDOS AVANÇADOS EM ECONOMIA APLICADA (CEPEA/ESALQ) E CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL (CNA). **PIB do Agronegócio**. Piracicaba, 2022. Disponível em: <<https://www.cepea.esalq.usp.br/br/releases/pib-agro-cepea-pib-do-agro-cresce-8-36-em-2021-participacao-no-pib-brasileiro-chega-a-27-4.aspx#:~:text=Diante%20do%20bom%20desempenho%20do,foi%20de%2027%2C53%25>>. Acesso em: 04 mai. 2022.

CHIAVENATO, I. (2021), **Teoria Geral da Administração** . vol. 1, 8ª ed. Grupo GEN, [Inserir cidade de publicação]. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9786559770649>>. Acesso em: 14 jun 2022

CONAB. **Safras**. Brasília, 2018. Disponível em: <<https://www.conab.gov.br/info-agro/safras>>. Acesso em: 4 mai. 2022.

COSTA, L. M.; SILVA, M. F. O. **A indústria de defensivos agrícolas**. 2012. Disponível em: <https://web.bndes.gov.br/bib/jspui/bitstream/1408/4643/1/BS%2024%20O%20Setor%20de%20Agroq%C3%ADmicos_P.pdf>. Acesso em: 03 mai, 2022

COX III, et al. **The Theory of Constraints International Certification Organization Dictionary**, 2. ed. 2017. Disponível em: <<http://www.tocico.org/?page=dictionary>> Acesso em: 06 Jun 2022

COX III, J.F.; SCHLEIER, J.G. **Handbook da Teoria das Restrições**. Porto Alegre: Bookman, 2013. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788582600139/>>. Acesso em: 04 Jun 2022

EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Visão 2030: O Futuro da Agricultura Brasileira**. Brasília, 2018. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/visao/trajetoria-da-agricultura-brasileira>>. Acesso em: 04 mai. 2022.

FERREIRA, A. R. **Gestão de Processos**; Módulo 3. Apostila do Programa de Desenvolvimento de Gerentes Operacionais – DGO. Brasília: ENAP / DDG, 2014.

GASQUES, J. G. **Sources of growth in Brazilian agriculture: total fator productivity**. EuroChoices, 2017.

GASQUES, J. G.; BACCHI, M. R. P.; BASTOS, E. T. **Crescimento e Produtividade da Agricultura Brasileira de 1975 a 2016**. Carta de Conjuntura Nº 38. Brasília: Ipea, 2018.

GLOBAL INDUSTRIAL. **Site da Global Industrial**, 2022. Global Industrial™ IBC Container 275 Gallon UN approved w/ Composite Metal Pallet Base. Disponível em: <<https://www.globalindustrial.com/p/ibc-container-275-gallon-un-fda-approved-with-steel-pallet-base>>. Acesso em: 14 out 2022

GOLDRATT, E. M. Introdução à TOC: minha visão. In: COX III, J. F; SCHLEIER, J. G. (Org). **Handbook da Teoria das Restrições**. Trad. Beth Honorato. Porto Alegre: Bookman, 2013. Prefácio.

GOLDRATT, E.M; COX III, J.F. **A meta: um processo de melhoria contínua**. São Paulo: NBL Editora, 2003.

GONÇALVES, J. E. L. **As Empresas São Grandes Coleções De Processos**. São Paulo: Revista de administração de empresas, 2000.

HAMMER, M.; CHAMPY, J. **Reengenharia: revolucionando a empresa em função dos clientes, da concorrência e das grandes mudanças da gerência**. Rio de Janeiro: Campus, 1994.

HARRINGTON, H. J. **Aperfeiçoando Processos Empresariais**. São Paulo: Makron Books, 1993

HILL, J. Capítulo 2. In: BPM CBOK. **Guia para o Gerenciamento de Processos de Negócio**. V3.0. São Paulo: BPM, 2013. Prefácio.

KENDALL, G. Estratégia da teoria das restrições. In: COX III, J. F.; SCHLEIER, J. G. (Org). **Handbook da Teoria das Restrições**. Trad. Beth Honorato. Porto Alegre: Bookman, 2013. cap. 18, p 535-567.

KLIPPEL, A. F. et al. **Engenharia de Métodos**. 2. ed. – Porto Alegre : SAGAH, 2017. Disponível em:
<<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/books/9788595020214>>, Acesso em: 04 Jun 2022.

LACERDA, D.; RODRIGUES, L. H. **Compreensão, aprendizagem e Ação: A abordagem do Processo de Pensamento da Teoria das Restrições**. Resende: SEGeT, 2007.

LYNUS. **Site da Lynus**, 2022. **PML-685 - Paleteira Manual Hidráulica**. Disponível em: <<https://lynus.com.br/produto/pml-685-paleteira-manual-hidraulica>>. Acesso em: 14 out 2022

MARCELINO, P. **Afinal, o que é terceirização?** Busca de ferramentas de análise de ação política. Presidente Prudente: Pegada, 2007. Disponível em: <<https://doi.org/10.33026/peg.v8i2.1640>>. Acesso em 14 jun 2022

MARINHO, B.D.L.; AMATO, L.F.; CORREIA, G.M. **Gestão estratégica de fornecedores e contratos - uma visão integrada - 1ª ed.** São Paulo: Editora Saraiva, 2014. Disponível em:
<<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788502220638/>>. Acesso em: 24 Jun 2022

MARTINELLI, O. **Relatório Setorial Final – Setor Agroquímico**. Brasília: Finep, 2005.

MOREIRA, D. A. **Administração da Produção e Operações**. 2 ed. rev. e ampl. São Paulo: Cengage Learning Brasil, 2012. Disponível em:
<<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788522110193/>>. Acesso em: 10 Jun 2022.

PACKAGING SUPPLIES. **Site da Packaging Supplies**, 2022. Recycled Wood Pallet. Disponível em: <<https://www.packagingsupplies.com/collections/pallets>>. Acesso em: 14 out 2022

PAVANI JUNIOR, O.; SCUCUGLIA, R. **Mapeamento e Gestão por Processos – BPM: Gestão orientada à entrega por meio de objetos**. São Paulo: M.Books, 2011.

PEINADO, J.; GRAEML A.R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. Curitiba: Unicenp, 2007
PRADELLA, S.; FURTADO, J.C.; KIPPER, L.M. **Gestão de Processos - Da Teoria à Prática**. Barueri: Grupo GEN, 2012. Disponível em:
<<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597009149/>>. Acesso em: 18 Mai 2022

ROCHA, H.M.; BARRETO, J.D.S.; AFFONSO, L.M.F. **Mapeamento e Modelagem de Processos**. Porto Alegre: SAGAH, 2017. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788595021471/>>. Acesso em: 21 Mai 2022

SANTOS, D.P.F.D. **Terceirização de serviços pela Administração Pública : estudo da responsabilidade subsidiária**. 2ª ed. São Paulo: Série IDP - Editora Saraiva, 2014. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788502221352/>>. Acesso em: 13 jun 2022

SASSO. **Site da Sasso**, 2022. FURADEIRA 3/8 1.800 RPM PDR. Disponível em: <<https://sasso.com.br/ferramentas-pneumaticas/furadeira-pneumatica/furadeira-38-1800-rpm-pdr>>. Acesso em: 14 out 2022

SILVA, L.D; ALVES, T.W; CARVALHO, A.M. **Efeitos da terceirização sobre os custos**: estimacão da conversão de custos fixos em variáveis. v.18 n.49. Santa Catarina: Revista Contemporânea de Contabilidade, 2021. Disponível em: <<https://doi.org/10.5007/2175-8069.2021.e79200>>. Acesso em: 14 jun 2022

SINDICATO NACIONAL DA INDÚSTRIA DE PRODUTOS PARA DEFESA VEGETAL. **Mercado de insumos agrícolas**. 2022. Disponível em: <<https://sindiveg.org.br/mercado-total/>>. Acesso em: 05 Mai, 2022

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 8 ed. São Paulo: Grupo GEN, 2018. <Disponível em: <https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788597015386/>>. Acesso em: 10 jun. 2022.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R.; BETTS, A. **Gerenciamento de Operações e de Processos**. Porto Alegre: Bookman Editora, 2013. Disponível em: <<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9788565837934/>>. Acesso em: 09 Jun 2022

SOUZA, D.G. **Metodologia de Mapeamento para Gestão de Processos**. Porto Alegre: Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFRGS, 2014. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/10183/139426>>. Acesso em: 19/05/2022.

SRIKANTH, M. L. TPC, gerenciamento de Pulmões e Classificação ee Fluxo VATI. In: COX III, J. F; SCHLEIER, J. G. (Org). **Handbook da Teoria das Restrições**. Trad. Beth Honorato. Porto Alegre: Bookman, 2013. cap. 08, p. 179-216.

TEODOROVICZ, T.; ALVAREZ, V. M. P.; GUIMARÃES, T. A. **Os mercados relevantes do ramo de agrotóxicos**. Porto Alegre: Ensaios FEE, 2016.

APÊNDICE A - Ficha de tabulação de dados do estudo de tempos

FICHA DE TABULAÇÃO DE TEMPOS CRONOMETRADOS

ATIVIDADE:				Lado da Linha: Esquerdo ____ Direito ____
Operador:				Data: ____/____/____ Hora Início: ____:____
Ciclo	TEMPO CRONOMETRADO			OBSERVAÇÕES
	INÍCIO	FIM	DURAÇÃO	
1				
2				
3				
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
16				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				