

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SANTA CATARINA  
CENTRO TECNOLÓGICO  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO E SISTEMAS  
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO CIVIL

Vinicius Medeiros Penna

PLANEJAMENTO DE *LAYOUT* CELULAR E AVALIAÇÃO DA MUDANÇA  
PROPOSTA COM USO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Florianópolis

2023

Vinicius Medeiros Penna

PLANEJAMENTO DE *LAYOUT* CELULAR E AVALIAÇÃO DA MUDANÇA  
PROPOSTA COM USO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Trabalho Conclusão do Curso de Graduação em Engenharia de Produção Civil do Centro Tecnológico da Universidade Federal de Santa Catarina como requisito para a obtenção do título de Engenheiro Civil, com habilitação em produção.  
Orientador: Prof. Lynceo Falavigna Braghirolli, Dr.

Florianópolis

2023

#### Ficha de identificação da obra

Penna, Vinicius Medeiros

PLANEJAMENTO DE LAYOUT CELULAR E AVALIAÇÃO DA MUDANÇA  
PROPOSTA COM USO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL / Vinicius Medeiros  
Penna ; orientador, Lynceo Falavigna Braghirolli, 2023.  
102 p.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) - Universidade  
Federal de Santa Catarina, Centro Tecnológico, Graduação em  
Engenharia de Produção Civil, Florianópolis, 2023.

Inclui referências.

1. Engenharia de Produção Civil. 2. Engenharia de Produção  
Civil. 3. Arranjo Físico. 4. Simulação Computacional. 5.  
Manufatura Enxuta. I. Braghirolli, Lynceo Falavigna. II.  
Universidade Federal de Santa Catarina. Graduação em Engenharia  
de Produção Civil. III. Título.

Vinicius Medeiros Penna

PLANEJAMENTO DE *LAYOUT* CELULAR E AVALIAÇÃO DA MUDANÇA  
PROPOSTA COM USO DE SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Florianópolis, 23 de junho de 2023.

Este Trabalho de Conclusão de Curso foi avaliado e aprovado pela banca examinadora  
composta dos seguintes membros

Prof. Lynceo Falavigna Braghirolli, Dr.(a)  
Orientador

Prof. Guilherme Ernani Vieira, Dr.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Profa. Viviane Grubisic, Dra.  
Universidade Federal de Santa Catarina

Certifico que esta é a versão final do Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
pelo autor e julgado adequado por mim e pelos demais membros da banca para obtenção do  
título de Engenheiro Civil com habilitação em produção.

---

Prof. Lynceo Falavigna Braghirolli Dr.  
Orientador

Este trabalho é dedicado aos meus avós Estelita e Sebastião, falecidos recentemente, mas que tanto fizeram por mim ao longo de suas vidas.

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, aos meus pais por me prestarem todo o apoio na minha trajetória até aqui, pelos ensinamentos, educação e o cuidado a mim dedicado. Agradeço ao meu pai pelos conselhos dados do início ao fim dessa jornada. À minha mãe agradeço por todos os desejos de boa prova ao me ver saindo para realizar uma, por sempre torcer e apoiar a mim.

Agradeço aos meus irmãos Mariana P. e Pablo P., por compartilharem diversos momentos desta trajetória comigo e me ajudarem a chegar até aqui.

Agradeço aos meus avós pelo cuidado e carinho em todos os momentos. Á minha avó Estelita M. e meu avós Sebastião M. e Sebastião P., que não estão mais conosco no plano terrestre mas que foram e sempre serão inspirações de vida para mim. Agradeço a minha Avó Marly P. que sempre estudou comigo quando pequeno com muita paciência e afeto.

Agradeço aos meus familiares do Rio de Janeiro, que apesar da distância, foram exemplo de aspiração profissional.

Agradeço as amigas e amigos que fiz até aqui, que compartilharam essa jornada comigo e que nossas relações ajudaram a moldar quem sou hoje.

Agradeço ao Lynceo B., meu orientador, pela disponibilidade, compreensão e conselhos, seu apoio foi fundamental para o presente trabalho.

Agradeço também às entidades estudantis das quais fui parte: CALIPRO, EJEP e GLean. Pela oportunidade de realizar projetos e me desenvolver de maneira pessoal e tecnicamente, e pelo privilégio de aprender com pessoas grandiosas.

*“O progresso não pode ser gerado quando  
estamos satisfeitos com as situações existentes.”*

*(Taiichi Ohno)*

## RESUMO

Para se manterem competitivas no mercado as empresas buscam ser cada vez mais eficientes em suas operações, criando de um ambiente voltado para a produtividade. Os recursos de diversas organizações são destinados primeiramente a equipamentos e instalações físicas e devido a isso é dada grande importância ao arranjo físico, para atender a características produtivas necessárias e assim manter elevados os indicadores de produtividade. Para a manutenção dos mesmos, uma das medidas cruciais a serem tomadas é o estudo e melhoria dos processos, envolvendo técnicas de manufatura enxuta como o *layout* em célula, para obter ganhos em velocidade, qualidade, redução de *lead time*, entre outros, que não se concentram somente a âmbitos produtivos. Diante deste contexto, o presente trabalho tem como objetivo propor um arranjo físico celular, baseado nos conceitos da manufatura enxuta, para o setor de mostruário pequeno de confecção de peças piloto e peças foto, com intuito de melhorar os indicadores de produtividade, tendo como resultado pretendido, o aumento da produtividade por piloteira. O trabalho aqui apresentado se classifica como pesquisa-ação e foi aplicado em uma empresa do setor têxtil localizado no norte do estado de Santa Catarina. O início do estudo se deu em um primeiro momento, pelo diagnóstico do estado atual e foram levantados dados junto a uma análise aprofundada para um entendimento dos problemas. Em seguida, foi realizado o planejamento do *layout* utilizando a metodologia Fac Plan para propor um cenário que reduziria os desperdícios e melhoraria o processo produtivo. Posteriormente realizou-se um teste piloto onde o intuito foi verificar os resultados do *layout* proposto e reduzir o nível de incertezas acerca das mudanças. Por fim, com o *layout* proposto observou-se um aumento de 60% na produção de peças por piloteira nas simulações realizadas. Para isto, utilizou-se do software Tecnomatix Plant Simulation, onde foi realizado tanto o tratamento de dados, como a modelagem e a geração de resultados.

**Palavras-chave:** Simulação. Modelagem. Célula. *Lean Manufacturing*. *Layout*.



## ABSTRACT

To remain competitive in the market, companies strive to become increasingly efficient in their operations, creating an environment focused on productivity. The resources of various organizations are primarily allocated to equipment and physical facilities, emphasizing the importance of physical layout to meet the necessary production characteristics and maintain high productivity indicators. To maintain these standards, one crucial action to be taken is the study and improvement of processes, involving lean manufacturing techniques such as cellular layout, to achieve gains in speed, quality, lead time reduction, among others, which extend beyond production realms. In this context, this study aims to propose a cellular physical arrangement, based on the lean manufacturing concepts, for the small sample sector of prototype products, with the intention of improving productivity indicators, resulting in increased productivity per worker. The work presented here is classified as action research and was applied in a textile factory located in the northern region of Santa Catarina state. The study began with an initial diagnosis of the current state, collecting data through in-depth analysis to understand the problems. Subsequently, layout planning was carried out using the Fac Plan methodology to propose a scenario that would reduce waste and improve the production process. A pilot test was then conducted to verify the results of the proposed layout and reduce uncertainties about the changes. Finally, with the proposed layout, a 60% increase in the production of pieces per worker was observed in the simulations. The Tecnomatix Plant Simulation software was used for data processing, modeling, and generating results.

**Keywords:** Simulation. Modeling. Cell. Lean Manufacturing. Layout.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Layout em linha.....	28
Figura 2. Layout por processos. ....	29
Figura 3. Layout fixo.....	30
Figura 4. Célula de manufatura. ....	31
Figura 5. Passos para um estudo de simulação.....	37
Figura 6. Esquema elucidando a disposição física do espaço estudado.....	46
Figura 7, Fluxo das etapas da pesquisa-ação.....	47
Figura 8. Peças Piloto .....	58
Figura 9. Peças Foto .....	59
Figura 10. Planta baixa de cada setor evidenciando as posições de cada maquina e suas dimensões específicas. ....	61
Figura 11. Esquema representando a classe de complexidade I.....	62
Figura 12. Esquema representando a classe de complexidade II. ....	63
Figura 13. Esquema representando a classe de complexidade III.....	63
Figura 14. Esquema representando a classe de complexidade IV.....	64
Figura 15. Indicadores do mapeamento do fluxo de valor. ....	64
Figura 16. Fluxograma da carta de processos.....	66
Figura 17. Identificação das macro-áreas .....	68
Figura 18. Classificação das frequências de uso das máquinas.....	71
Figura 19. Representação do Layout ideal. ....	73
Figura 20. Esquema representando a classe de complexidade I para o layout proposto.....	73
Figura 21. Esquema representando a classe de complexidade II para o layout proposto.....	74
Figura 22. Esquema representando a classe de complexidade III para o layout proposto .....	74

Figura 23. Esquema representando a classe de complexidade IV para o layout proposto .....	74
Figura 24. Representação da célula de teste piloto.....	76
Figura 25. Fluxo da peça no sistema. ....	79
Figura 26. Tradução do modelo feito pela ferramenta Tecnomatix Plant Simulation .....	80
Figura 27. Resultados obtidos através da simulação .....	83

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Descrição dos cinco níveis de planejamento do Fac Plan. ....	32
Quadro 2. Equipe de pesquisa. ....	49
Quadro 3. Cronograma das macro-etapas.....	54
Quadro 4. Abordagem do plano detalhado.....	54
Quadro 5. Contagem da quantidade de estoque. ....	60
Quadro 6. Informações para o terceiro nível do método FacPlan. ....	65
Quadro 7. Diagrama de relações de cada UPE.....	69
Quadro 8. Perfil de uso de cada maquina. ....	72
Quadro 9. Comparativo de resultados ....	77
Quadro 10. Exemplo de quadro com sequência de operações ....	81
Quadro 11. Dados referentes a porcentagem de produção, transporte e estoque ....	84
Quadro 12. Dados referentes à porcentagem dos tempos de trabalho.....	85
Quadro 13. Dados referentes a montantes produzidos e porcentagens de ocupação ....	86
Quadro 14. Taxas de ocupação.....	87

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>16</b>
1.1	CONTEXTO DO TEMA .....	16
1.2	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA .....	17
1.3	OBJETIVOS .....	19
<b>1.3.1</b>	<b>Objetivo Geral .....</b>	<b>20</b>
<b>1.3.2</b>	<b>Objetivos Específicos.....</b>	<b>20</b>
1.4	JUSTIFICATIVA .....	20
1.5	DELIMITAÇÕES DO TRABALHO .....	22
1.6	ESTRUTURA DE TRABALHO.....	22
<b>2</b>	<b>REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>23</b>
2.1	MANUFATURA ENXUTA.....	23
<b>2.1.1</b>	<b>Contexto.....</b>	<b>23</b>
<b>2.1.2</b>	<b>Desperdícios .....</b>	<b>24</b>
<b>2.1.3</b>	<b>Trabalho padronizado.....</b>	<b>24</b>
<b>2.1.4</b>	<b>Melhoria Contínua .....</b>	<b>25</b>
<b>2.1.5</b>	<b>Just-in-time .....</b>	<b>25</b>
2.1.5.1	<i>Fluxo Contínuo .....</i>	25
2.1.5.2	<i>Takt-Time.....</i>	26
2.2	ABORDAGEM DE <i>LAYOUT</i> .....	26
<b>2.2.1</b>	<b>Tipos de <i>layout</i> .....</b>	<b>27</b>
2.2.1.1	<i>Layout em linha .....</i>	28
2.2.1.2	<i>Layout por processos.....</i>	28
2.2.1.3	<i>Layout posicional .....</i>	29
2.2.1.4	<i>Layout celular.....</i>	30

2.2.2	<b>Fac Plan .....</b>	<b>32</b>
2.3	<b>SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL.....</b>	<b>33</b>
2.3.1	<b>Definição .....</b>	<b>33</b>
2.3.2	<b>Características gerais da simulação.....</b>	<b>34</b>
2.3.3	<b>Classificação dos modelos de simulação .....</b>	<b>35</b>
2.3.4	<b>Metodologia para uso da simulação.....</b>	<b>36</b>
2.3.4.1	<i>Formular o problema .....</i>	<i>38</i>
2.3.4.2	<i>Definir os objetivos e o plano geral do projeto.....</i>	<i>38</i>
2.3.4.3	<i>Modelo conceitual .....</i>	<i>38</i>
2.3.4.4	<i>Coleta de dados .....</i>	<i>38</i>
2.3.4.5	<i>Tradução do modelo .....</i>	<i>40</i>
2.3.4.6	<i>Verificação .....</i>	<i>40</i>
2.3.4.7	<i>Validação.....</i>	<i>41</i>
2.3.4.8	<i>Design experimental.....</i>	<i>41</i>
2.3.4.9	<i>Rodagem de produção e análises .....</i>	<i>41</i>
2.3.4.10	<i>Mais rodagens .....</i>	<i>41</i>
2.3.4.11	<i>Documentação e comunicação .....</i>	<i>42</i>
2.3.4.12	<i>Implementação .....</i>	<i>42</i>
3	<b>PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS .....</b>	<b>43</b>
3.1	<b>CARACTERIZAÇÃO METODOLÓGICA DO TRABALHO .....</b>	<b>43</b>
3.2	<b>CONTEXTO DE APLICAÇÃO DA PESQUISA .....</b>	<b>44</b>
3.3	<b>PROCEDIMENTO METODOLÓGICO.....</b>	<b>47</b>
3.3.1	<b>Planejar a pesquisa-ação.....</b>	<b>47</b>
3.3.1.1	<i>Definição de contexto e propósito .....</i>	<i>48</i>
3.3.1.2	<i>Definição da estrutura conceitual-teórica .....</i>	<i>49</i>

3.3.1.3	<i>Seleção da unidade de análise e técnicas de coleta de dados</i> .....	50
3.3.2	<b>Coletar dados</b> .....	50
3.3.3	<b>Analisar dados e planejar ações</b> .....	52
3.3.4	<b>Implementar</b> .....	55
3.3.5	<b>Avaliar resultados e gerar relatório</b> .....	56
4	<b>RESULTADOS E ANÁLISES</b> .....	57
4.1	<i>LAYOUT ATUAL</i> .....	57
4.2	<i>LAYOUT PROPOSTO</i> .....	68
4.3	<i>ANÁLISE DO LAYOUT PROPOSTO</i> .....	75
4.3.1	<b>Teste piloto</b> .....	75
4.3.2	<b>Simulação</b> .....	78
4.4	<i>DISCUSSÃO</i> .....	87
5	<b>CONCLUSÃO</b> .....	89
6	<b>SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	90
	<b>REFERÊNCIAS</b> .....	91
	<b>ANEXO 1. DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE</b> .....	94
	<b>ANEXO 2. ALGORITIMOS DE MEDIAÇÃO</b> .....	102

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

GBO Gráfico de Balanceamento do Operador

ME Manufatura Enxuta

STP Sistema Toyota de Produção

TAV Taxa de Agregação de Valor

TO Tempo de Operação

TP Tempo de Processamento

TR Tempo de Setup

UPE Unidade de Planejamento de Espaço



## 1 INTRODUÇÃO

Neste capítulo introdutório, apresenta-se o tema do trabalho, com destaque para a relação entre a metodologia de manufatura enxuta, o Fac Plan e a ferramenta de simulação, mostrando o potencial de se agregar estas abordagens, bem como as características do problema a ser resolvido utilizando da associação das mesmas. Também são apresentados os objetivos gerais e específicos, as justificativas para a presente pesquisa, delimitações do estudo e pôr fim a estrutura do trabalho.

### 1.1 CONTEXTO DO TEMA

Em 1980 a Toyota começou a chamar atenção pela sua qualidade e eficiência, seus produtos duravam mais e exigiam menos manutenção, por volta dos anos 1990 ficou evidente que a Toyota era um destaque não só em relação a carros americanos, mas também em relação às marcas japonesas. (LIKER 2005 apud WOMACK; ROSS, 1991). Ficou claro que a grande diferença da Toyota para as outras empresas iam além da qualidade dos seus carros, mas sim envolvia como ela concebia e fabricava eles, o que posteriormente seria conhecido mundialmente como Sistema Toyota de Produção (STP) (LIKER, 2005). Em 2008 a Toyota se tornou a maior montadora de veículos do mundo, desbancando os 77 anos de liderança da General Motors (FERREIRA, 2011). É importante diferenciar o STP da manufatura enxuta. O STP é uma abordagem única da Toyota para a produção e serviu como base para a manufatura enxuta, um movimento que domina as tendências industriais (LIKER, 2005). De acordo com informações da Sondagem Especial Manufatura Enxuta na Indústria de Transformação Brasileira, 92% das indústrias brasileiras utilizam pelo menos uma das principais ferramentas da manufatura enxuta, sendo que 34% das empresas usam de 10 a 15 das técnicas e apenas 8% não utilizam nenhuma das ferramentas (CNI, 2019).

Para Hitt, Ireland e Hoskisson (2011) a difusão da tecnologia e a rapidez com que novas tecnologias são disponibilizadas e utilizadas aumentou significativamente nos últimos 15 a 20 anos, isso gera produtos com ciclos de vida mais curtos, como consequência, estabeleceu-se a integração dos mercados consumidores e com isso o aumento da concorrência entre empresas, podendo ser observado no século XXI um cenário de hiperconcorrência, que é resultado de uma situação de concorrência baseada na rápida evolução da relação preço-qualidade. Dado o cenário inerente ao mercado, a busca pela eficácia e eficiência se torna essencial para a sobrevivência das empresas no mercado. Uma organização dificilmente será

bem-sucedida sem que esta se preocupe com a produtividade de seus sistemas internos e sem que as ferramentas e técnicas gerenciais possibilitem a racionalização do processo produtivo, nesta perspectiva, podem ser elencados quatro elementos fundamentais para o alcance de sistemas de manufatura eficientes, quais sejam: tecnologia, arranjo físico, mão-de-obra e técnicas de gestão de produção adequadas. (MACEDO, 2002; GONÇALVES FILHO, 2001).

Segundo Peinado e Reis (2007, p.200), ao falar da importância do *layout*, descrevem que:

As decisões do arranjo físico definem como a empresa vai produzir. O *layout*, ou arranjo físico, é a parte mais visível e exteriorizada da empresa. A necessidade do estudo sobre o assunto existe sempre que se pretende a implementação de uma nova fábrica ou unidade de serviço, e até mesmo se estiver acontecendo um planejamento, para a reformulação de uma nova planta industrial.

Para Corrêa e Corrêa (2012), uma mudança de *layout* resulta em alterações importantes nos procedimentos e nos fluxos físicos, buscando sempre que ambos estejam em paralelo com as características ideais do arranjo físico e as prioridades competitivas das empresas. A melhoria do *layout* vai muito além de apenas melhorar a performance da empresa, ela é capaz de promover a melhoria operacional, a ergonomia, e o bem-estar das pessoas que estão atuando no ambiente organizacional. (ANTONIOLLI, 2009). O arranjo físico é de um valor imensurável para toda e qualquer empresa, uma vez que seu planejamento e implementação for aplicado de maneira adequada às necessidades da empresa (SANTOS; REIS FILHO, 2019).

## 1.2 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

O problema em estudo está situado em uma empresa que atua no segmento têxtil no norte do estado de Santa Catarina. Em agosto de 2022, se iniciou um projeto de cronoanálise das atividades realizadas pelas piloteiras (pessoa responsável pela costura e encaixe de moldes, com polivalência em diferentes máquinas de costura) do setor de mostruário pequeno, ao final desse estudo foi constatada uma capacidade produtiva máxima de 26 peças/piloteira/dia, ou seja, 26 peças por dia é o quanto uma piloteira conseguiria entregar caso não tivesse nenhum tipo de desperdício ao longo do dia. Porém, quando comparado com o total realizado, ou seja,

com os resultados de entregas diários, chega-se a um valor de 15 peças/piloteira/dia, essa redução acontece por diversos fatores, sendo os principais: defeitos, retrabalho, espera e movimentação. Contudo, dado que neste setor diversas peças estão sendo costuradas pela primeira vez, é esperado que se tenha mais desperdícios no processo e consequentemente uma produtividade menor do que na produção seriada. Porém, a produção seriada atinge níveis de 80% da capacidade produtiva instalada, sendo a diferença para os 60% do setor de pilotagem muito maior do que o aceitável. Por isso, iniciou-se em janeiro de 2023 um projeto de otimização de *layout* com foco na melhoria da produtividade atual.

Um ponto essencial que motivou o projeto foi a importância do setor de mostruário pequeno para a empresa, pois cada dia que a peça fica no setor é um dia a menos de vendas que ela vai ter quando chegar ao mercado e, visto que o ciclo de vida de um produto do setor de moda é demasiado curto, isso se mostra significativamente relevante.

Outra dinâmica importante de destacar é o fato de as peças serem produzidas em pequenos lotes, desta forma, caso aconteça algum erro ou falhas no processo de confecção, além de ser frequente precisar talhar novamente o tecido, o debrum (tipo de tecido comumente encontrado em golas e bainhas, geralmente confeccionadas em teares retilíneos) e refazer a tampografia, todo o lote que está pronto fica parado no setor à espera das peças defeituosas do lote ser retrabalhadas ou remanufaturadas para que assim, quando todas as peças estiverem na qualidade certa, o modelo possa seguir para o setor seguinte, diminuindo assim o nível de entrega.

Na empresa analisada, devido a uma má definição do seu *layout* físico e um fluxo produtivo propenso a falhas, onde apenas uma piloteira confecciona o lote de peças do início ao fim, é constante a presença de excesso de retrabalho, devido a problemas de costura que poderiam ser detectados e corrigidos ao longo do processo e com isso reduzir o *lead time* da peça. Outro fator importante é o excesso de movimentações que devido ao arranjo físico atual é necessário que a piloteira se desloque uma grande distância para cada máquina inerente aos processos do modelo sendo costurado. Ponto importante também é a quantidade de estoque intermediário, pois cada uma das 25 piloteiras carrega um lote de em média 7 peças. Quanto aos problemas de gerenciamento que o arranjo atual e a metodologia de manufatura apresentam, estão a concentração de entrega de modelos ao final do dia que gera sobrecarga para as líderes de equipe. Diversos modelos são costurados simultaneamente e assim diversos problemas aparecem para as líderes resolverem, gerando espera das piloteiras que precisam que a dúvida

seja sanada para dar sequência aos seus processos. Por fim, há falta de reatividade quanto às oscilações de produtividade, pois as líderes, que são apenas duas, não conseguem acompanhar e traçar contramedidas efetivas para cada uma das 25 piloteiras.

Com o sentimento da empresa de que existem diversas oportunidades de melhorias no *layout* e nos processos, o senso de necessidade de mudança se torna claro e iminente, porém ainda existem dúvidas quanto a efetividade das possíveis mudanças. Por isso, há potencial em realizar um estudo de simulação com a proposta de um novo *layout*, suportando a tomada de decisão com mais informações sobre o provável desempenho do *layout* proposto. Shannon (1998) afirma que a simulação é uma das ferramentas mais poderosas na tomada de decisão e análise de processos complexos, permitindo o estudo, análise e avaliação de sistemas que não seria possível sem simulação. O intuito da simulação computacional é buscar representar o comportamento de um sistema real, através da construção de um modelo matemático e uma das possíveis maneiras de utilização da ferramenta é para simulações de células de trabalho, essa técnica traz diversos benefícios como: mostrar restrições, desperdícios e recursos ociosos do sistema produtivo, possibilidade de controle do tempo, identificação de gargalos, diagnóstico de problemas e possibilidade de experimentar sistemas complexos (HO; NGOOI; CHUI, 2019; GAZIERO; CECCONELLO, 2019). Além disso, o *layout* celular ainda é algo que nunca fora testado antes no setor e por isso a simulação faz ainda mais sentido, pois essa pouca experiência com a produção em célula faz com que a empresa queira ter uma primeira validação de forma virtual para ter confiança de que está tomando a melhor decisão.

Então, a questão que estimulou a execução deste trabalho foi: como é possível propor uma alteração no arranjo físico do setor de mostruário pequeno de forma a melhorar a utilização de recursos, mensurando o ganho potencial?

### 1.3 OBJETIVOS

Nas seções abaixo estão descritos o objetivo geral e os objetivos específicos deste Trabalho de Conclusão de Curso.

### 1.3.1 Objetivo Geral

Melhorar o arranjo físico do setor de mostruário pequeno de uma empresa têxtil de Santa Catarina.

### 1.3.2 Objetivos Específicos

A partir do objetivo geral, decorrem os seguintes objetivos específicos deste Trabalho de Conclusão de Curso:

- a) Realizar diagnóstico do *layout* atual;
- b) Propor novo *layout* com fundamentação na metodologia de manufatura enxuta;
- c) Avaliar por meio da simulação a contribuição das mudanças propostas para o sistema produtivo da empresa.

## 1.4 JUSTIFICATIVA

Segundo levantamento realizado pela Associação Brasileira da Indústria Têxtil e de Confecção, o setor tem sofrido pressões no custo de produção por conta da logística, transporte e aumento dos preços internacionais, isso ocorre devido a conjuntura internacional, marcada pela guerra entre a Rússia e à Ucrânia, bem como suas consequências. Os dados mostram que os custos de 77% das empresas consultadas em levantamento foram afetados (ABIT, 2022).

Como consequência a esse aumento, surge a necessidade de redução de custos internos pois não é factível a ideia de que todo aumento nos custos será repassado ao consumidor, e com isso parte importante é a redução de desperdícios para a maximizar a produção e reduzir custos desnecessários.

Segundo Junior (2015) apud Brennan e Foroughi (1999), inúmeras vezes no chão de fábrica não é possível atender a requisitos importantes como qualidade, produtividade, flexibilidade, custos, inovação, entre outros, devido à ocorrência de problemas e para isto contribuem problemas como *layout* inadequado, tempos de setup elevados, estoques elevados, complexidade dos produtos, etc. Relacionado a isso, Tortorella e Fogliatto (2008) colocam que os recursos de diversas organizações são destinados primeiramente a equipamentos e instalações físicas, e destaca a importância do arranjo físico de uma empresa pelas

consequências a longo prazo. Portanto, um primeiro passo para atender a características produtivas necessárias para a manutenção da competitividade da empresa a longo prazo, é a adequação do *layout* de forma a facilitar o fluxo produtivo e consequentemente melhorar os indicadores de produtividade.

Entretanto, quando se fala em mudança de *layout* geralmente está se falando em uma mudança física e de processos, o que acaba por gerar insegurança sobre a efetividade da alteração aos gestores e tomadores de decisão. Então, com o intuito de proporcionar credibilidade e celeridade ao processo de avaliação da proposição de *layout*, se justifica o uso da simulação computacional. O auxílio a tomada de decisão pela fácil compreensão das estimativas de ganhos potenciais, aquisição de visão sistêmica e economia de orçamento por ser menos custosa que testes físicos no sistema real são benefícios proporcionados pela simulação (HO; NGOOI; CHUI, 2019; GAZIERO; CECCONELLO, 2019). Atrelado a isso, Barnett (2003) afirma que a simulação computacional é uma ferramenta para acelerar e gerenciar mudanças, sendo que essa possibilidade deriva em grande parte da capacidade da simulação de trazer clareza aos motivos da mudança, e oferecer mais do que apenas uma resposta, mas sim mostrar como a resposta foi derivada e permitir gerar explicações para as decisões.

Neste sentido, o presente estudo visa abordar, os principais motivos que influenciam na produtividade do setor inerentes ao arranjo físico atual, assim como propor uma reordenação do *layout* físico, justificando-se pelo potencial de melhoria do fluxo produtivo e consequentemente o incremento de produtividade e redução de custos, tendo como objeto de estudo o setor de mostruário pequeno em uma empresa de médio porte do setor têxtil. Embora o foco do trabalho trate acerca do tema de planejamento de *layout* os princípios da manufatura enxuta constituem parte importante da análise da situação atual e direcionamento das melhorias. O presente estudo também visa avaliar por meio de simulação computacional o potencial impacto que essas mudanças irão causar nos indicadores.

Outrossim, existem poucos registros formais da abordagem combinada de proposição de *layout* em conjunto com a avaliação dos resultados potenciais pela ferramenta de simulação computacional no ambiente de confecção, que é dominado pelo conhecimento tácito e experimental, por isso o estudo tem também como objetivo servir de inspiração para pesquisas futuras no tema.

Ainda, para a empresa em questão, o presente trabalho pretende deixar uma contribuição por meio de uma proposição de *layout*, assim como fornecer indicadores operacionais do *layout* proposto. Com isso, facilitar a avaliação da empresa quanto a relação custo benefício entre o investimento na mudança de infraestrutura e os ganhos com um arranjo físico que proporcione maior produtividade a operação.

## 1.5 DELIMITAÇÕES DO TRABALHO

O trabalho se limitou à proposição de um novo *layout* para o setor de mostruário pequeno, já a avaliação por meio de simulação de eventos discretos se limitou apenas a principal configuração de célula produtiva, sendo assim as demais configurações de células propostas não serão analisadas em profundidade, também não fará parte do mesmo a implementação da proposta e nem o acompanhamento das atividades que acontecerão após o estudo estar finalizado.

Os resultados apresentados descrevem os benefícios do *layout* para a empresa em questão, não necessariamente são aplicáveis para outras empresas, e os resultados são apresentados numa escala diferente para fins de preservar os dados da empresa, sem contudo alterar os ganhos percentuais no desempenho operacional.

## 1.6 ESTRUTURA DE TRABALHO

No capítulo 1, foi analisado o contexto do problema e os motivos que levam o autor ao presente trabalho. No Capítulo 2 serão descritas as principais informações teóricas e conceituais necessárias para facilitar a compreensão deste trabalho. Serão explicados os principais conceitos da manufatura e também discutirá a simulação e a série de etapas que devem ser seguidas para realizar um estudo do tipo. Já no Capítulo 3, será descrito o método utilizado para alcançar os objetivos propostos. No capítulo 4, são apresentados o *layout* proposto e os resultados obtidos com a simulação, seguido das análises e discussões. Por fim, as considerações finais serão feitas no Capítulo 5, onde o autor descreve quais são as principais lições aprendidas e quais melhorias podem ser feitas aplicando essa abordagem em projetos futuros.

## 2 REVISÃO DE LITERATURA

No presente capítulo são apresentados conceitos fundamentais para um melhor do tema estudado no presente trabalho. Este referencial teórico está dividido em três partes. Na primeira parte são apresentados conceitos sobre a manufatura enxuta e sua contextualização histórica. A segunda parte consiste na revisão sobre *layout*, com foco na disposição celular e suas principais características. Já na terceira parte será apresentada uma revisão sobre simulação computacional assim como alguns conceitos balizadores para condução de estudos em simulação.

### 3.1 MANUFATURA ENXUTA

#### 3.1.1 Contexto

Antes de trazer a definição de Manufatura Enxuta (ME), é preciso trazer um breve histórico sobre o Sistema Toyota de Produção (STP) e seus principais pilares e objetivos. Quanto ao desenvolvimento do STP ele é creditado a Taiichi Ohno, chefe de produção da Toyota Motor Corporation no período posterior à Segunda Guerra Mundial. Ohno liderou o desenvolvimento do STP ao longo das décadas de 1950 e 1960, disseminou o sistema à cadeia de fornecedores nas décadas de 1960 e 1970 (LIB, 2022).

O sistema de produção foi desenvolvido com intuito de fornecer a melhor qualidade, o menor custo e o lead time mais curto por meio da eliminação do desperdício, este modelo produtivo é pautado em dois pilares, Just-in-time e Jidoka, os mesmos são mantidos e melhorados por interações entre trabalho padronizado e kaizen, seguidos de PDCA ou método científico (LIB, 2022).

Taiichi Ohno, coloca de forma sucinta que a maneira de atuação da Toyota frente aos processos acontece da seguinte forma:

O que estamos fazendo é observar a linha de tempo desde o momento em que o cliente nos faz um pedido até o ponto em que recebemos o pagamento. E estamos reduzindo essa linha de tempo, removendo as perdas que não agregam valor. (LIKER, 2005, p. 29 apud OHNO, 1988).



Como era de se esperar, a definição de ME tem bastante relação com os objetivos do STP. Feld (2001) coloca que a ME tem o foco principal em desenvolver um modelo de produção que seja robusto, responsivo, flexível, preditivo e consistente. Isso cria um modelo de manufatura com objetivo na melhoria contínua, que tem como base uma canalização de energia direcionado pelo critério de performance do ponto de vista do cliente (FELD, 2001).

### **3.1.2 Desperdícios**

Liker (2005) diz que a busca pela eficiência se dá com a redução de desperdícios que é direcionada pela ótica do cliente, a ótica do valor agregado, que pode ser definida pela pergunta “o que o cliente quer com esse processo? ”. Ainda Liker (2005) afirma que a Toyota identificou 7 tipos de desperdícios, sendo eles:

- a) Superprodução;
- b) Espera;
- c) Transporte desnecessário;
- d) Superprocessamento;
- e) Excesso de estoque;
- f) Movimento desnecessário;
- g) Defeitos.

### **3.1.3 Trabalho padronizado**

Para Imai (2012) o padrão operacional ou trabalho padronizado às vezes é mal interpretado como a imposição de condições não razoáveis de trabalho, mas na verdade é uma maneira de proporcionar a forma mais segura, mais fácil e mais efetiva de cada operador executar suas funções e com isso garantir a qualidade para o cliente

Algumas vantagens de se estabelecer um trabalho padronizado são: Oferecer a melhor maneira de preservar a expertise do processo, prover uma maneira de medir a performance, mostrar uma relação entre causa e efeito e prover a base para manutenção e melhoria dos processos (IMAI, 2012).

### 3.1.4 Melhoria Contínua

O Toyota Business Practice (TBP) é uma ferramenta com 8 passos, sendo cada um desses clusterizado dentro das categorias Planejar, Fazer, Verificar e Agir. O objetivo desses 8 passos é que no fim seja atingida uma melhoria e com a repetição contínua dessa ferramenta, pode-se dizer que se tem um modelo de melhoria contínua (IMAI, 2012).

Dentro do planejamento as etapas são entender o problema, quebrar o problema em problemas menores, definir uma condição alvo e analisar as causas raízes. Já para a etapa de fazer, tem-se o desenvolvimento de contramedidas e análise das contramedidas. Para verificar tem-se a avaliação dos resultados e dos processos. Por fim, para agir a ação relacionada é padronizar os processos e compartilhar as boas práticas (IMAI, 2012).

### 3.1.5 Just-in-time

Ohno (1997) coloca que Just-in-time quer dizer que em um processo de fluxo, as partes necessárias à montagem alcançam a linha de montagem no momento em que são necessários e somente na quantidade necessária.

#### 3.1.5.1 Fluxo Contínuo

Um dos principais objetivos da manufatura enxuta é o fluxo contínuo, pois com ele os produtos fluem continuamente pelo fluxo de valor, indo da matéria-prima ao produto acabado (ROTHER; HARRIS, 2002). A implementação do fluxo contínuo apresenta diversos benefícios como: Acréscimo de qualidade, flexibilidade, produtividade, redução de custo de estoque e segurança (LIKER, 2005).

Um fator de avaliação qualitativa quanto ao fluxo contínuo é o balanceamento da linha, este tem como objetivo distribuir os elementos de trabalho de forma equilibrada entre os operadores da manufatura, para auxiliar nesse processo pode ser usada uma ferramenta conhecida como Gráfico de Balanceamento do Operador (GBO), que tem como intuito representar o montante de elementos de trabalho alocados para cada operador em um gráfico de barras (ERLACH, 2013). Um indicador utilizado para esta distribuição dos elementos de trabalho é o tempo de ciclo, Erlach (2013) coloca que o tempo de ciclo indica a frequência com

que uma unidade acabada sai do final da célula de produção, conseqüentemente indica a performance do processo, sendo que o tempo deste processo pode incluir o tempo de trabalho manual de um operador, assim como o tempo de operação de máquinas.

### 3.1.5.2 *Takt-Time*

A palavra *takt* tem origem em uma palavra alemão e tem como definição compasso ou ritmo e figurativamente pode ser colocada como "batuta do maestro", o mesmo é usado para definir um ritmo de referência para a produção (ROTHER; HARRIS, 2002). Toda célula de produção deve ser desenhada para atender ao *takt-time*, pois o mesmo é baseado em uma demanda projetada do cliente e não na capacidade de performance do processo, a taxa do *takt-time*, então é possível distribuir a variação da demanda e definir um ritmo de produção (FELD, 2001).

Rother e Harris (2002) afirmam que o cálculo do *takt-time* é feito da seguinte equação:

$$\textit{takt-time} = \text{tempo de trabalho disponível por turno} / \text{demanda do cliente por turno}$$

O tempo de trabalho disponível por turno é o tempo do início ao fim do turno, menos as paradas do operador da linha para alimentação, reuniões, limpeza e etc, já as vendas são geralmente calculadas em bases diárias ou semanais, então deve ser feita a divisão do número de produtos demandados diariamente ou semanalmente pelo número de turnos operados (ROTHER; HARRIS, 2002).

## 3.2 ABORDAGEM DE *LAYOUT*

O arranjo físico ou *layout* de uma operação produtiva refere-se à localização física dos recursos de transformação. Em termos simples, determinar o arranjo físico significa decidir onde posicionar todas as instalações, máquinas, equipamentos e pessoal de produção. O arranjo físico é uma das características mais visíveis de uma operação, definindo a maneira como os recursos transformados (materiais, informações e clientes) fluem pela operação (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

De acordo com Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), os arranjos físicos estão presentes em todos os setores de uma empresa e têm um impacto significativo na coordenação entre departamentos e áreas funcionais. Além disso, os autores ressaltam que as consequências de um *layout* não se restringem apenas aos processos de trabalho em que ele é aplicado, mas também abrangem todos os demais processos envolvidos na cadeia de valor.

Gaither e Fraizer (2012) afirmam que a organização de um *layout* deve ser alinhada com a estratégia de operações adotada pela empresa. Os objetivos de um arranjo físico de instalações variam de acordo com o tipo de operações realizadas, como manufatura, armazenamento, serviços ou escritório. No caso da manufatura, alguns objetivos incluem:

- a) Fornecer capacidade adequada;
- b) Garantir a saúde e segurança dos funcionários;
- c) Assegurar espaço para as máquinas de produção;
- d) Facilitar a supervisão das atividades.

### **3.2.1 Tipos de *layout***

A prestação de serviços e as fábricas utilizam uma variedade de tipos de arranjos físicos. Esses tipos se distinguem uns dos outros com base nas características relacionadas à movimentação, diversificação, quantidade e atributos dos recursos a serem transformados.

Segundo Corrêa e Corrêa (2012), os arranjos físicos desempenham um papel fundamental ao determinar a distribuição mais eficiente dos agentes envolvidos nos processos de produção ou prestação de serviços dentro de uma organização. A escolha desses arranjos leva em consideração os objetivos de desempenho estabelecidos pela empresa, como custo, flexibilidade, velocidade, inovação, entre outros, para embasar as decisões tomadas.

De acordo com Slack, Chambers e Johnson (2009), os principais tipos de *layout* são:

- Em linha;
- Por Processo;
- Posicional;
- Celular.

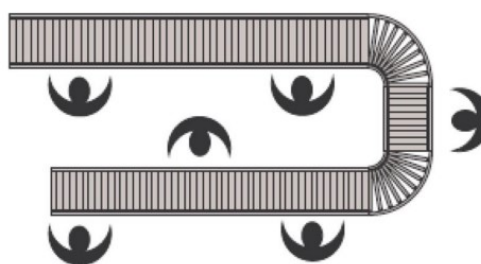
### 3.2.1.1 *Layout em linha*

O *layout* em linha, também conhecido como *layout* por produto, é caracterizado pela disposição dos recursos de transformação de forma a otimizar o uso dos recursos transformados. Nesse tipo de arranjo físico, os recursos transformados, como produtos, clientes e informações, seguem uma sequência lógica pré-determinada, que está alinhada com a disposição física dos recursos de transformação (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

De acordo com Martins e Laugeni (2005), o *layout* em linha possui uma sequência fixa de operações, sem caminhos alternativos. É um tipo de *layout* adequado para organizações que valorizam alta velocidade e grande volume de produção em detrimento de uma variedade de produtos.

Moreira (2012) argumenta que o *layout* em linha é apropriado quando é necessário seguir uma sequência linear de operações para fabricar um produto ou fornecer um serviço, sendo mais comumente utilizado em ambientes de manufatura do que em serviços. Nesse tipo de *layout*, os centros de trabalho são distribuídos de acordo com suas responsabilidades em relação a cada etapa específica do produto ou serviço, visando atingir metas específicas de produção ou prestação de serviço.

Figura 1. *Layout* em linha.



Fonte: Moreira (2012).

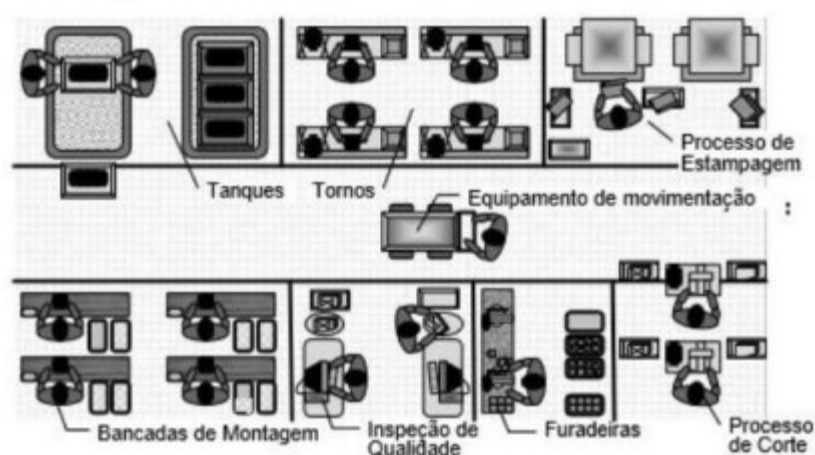
### 3.2.1.2 *Layout por processos*

Em contraste com o arranjo físico linear, o *layout* por processo, também conhecido como *layout* funcional ou *Job Shop*, possui uma característica distintiva. Nesse tipo de arranjo físico, a movimentação dos recursos transformados ocorre de acordo com a conveniência e necessidade dos recursos transformadores, permitindo assim a fabricação ou prestação do serviço (SLACK; CHAMBERS; JOHNSTON, 2009).

Segundo Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), o *layout* por processo é adaptado de acordo com a função dos recursos transformadores, diferentemente do *layout* linear, que é adaptado ao produto ou serviço em si. Em outras palavras, o *layout* por processo é projetado levando em consideração as necessidades e funções dos recursos envolvidos no processo de transformação.

De acordo com Corrêa e Corrêa (2012), o *layout* por processos é empregado quando o fluxo dos recursos transformados ocorre de maneira variada e intermitente. Nesse tipo de arranjo físico, à medida que a movimentação desses recursos se intensifica, ocorre um cruzamento de fluxo entre eles, o que pode levar a uma redução na eficiência e a um aumento no tempo de processamento.

Figura 2. *Layout* por processos.



Fonte: Corrêa e Corrêa (2012).

### 3.2.1.3 *Layout* posicional

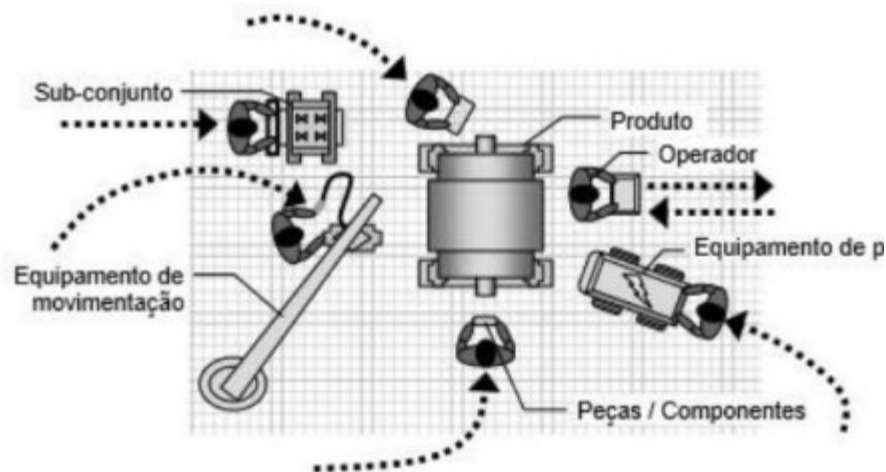
Segundo Martins e Laugeni (2005), o arranjo físico posicional, também conhecido como posição fixa ou *Project Shop*, apresenta uma característica distintiva. Nesse tipo de arranjo, o recurso transformado permanece em uma localização fixa, enquanto os recursos transformadores se movimentam em direção a ele para realizar as atividades necessárias. Dessa forma, apenas um recurso é transformado de cada vez, em um ritmo mais lento e em quantidades pequenas ou unitárias.

De acordo com Krajewski, Ritzman e Malhotra (2009), o *layout* posicional é aplicado principalmente na produção de produtos de difícil locomoção devido ao seu peso ou tamanho.

Nesse tipo de arranjo, o recurso transformado é fixo, enquanto os recursos transformadores se deslocam até ele. Esse tipo de *layout* é utilizado para reduzir o número de movimentações do produto, sendo muitas vezes a única opção viável.

Neumann e Scalice (2015) destacam que o *layout* fixo é o tipo mais básico e comumente utilizado para produtos de grandes dimensões e de difícil movimentação. Nesse arranjo, a mão de obra e os equipamentos necessários para a fabricação ou prestação do serviço se deslocam, enquanto o recurso transformado, como o material ou o cliente, permanece em uma posição fixa.

Figura 3. *Layout* fixo.



Fonte: Neumann e Scalice (2015).

#### 3.2.1.4 *Layout* celular

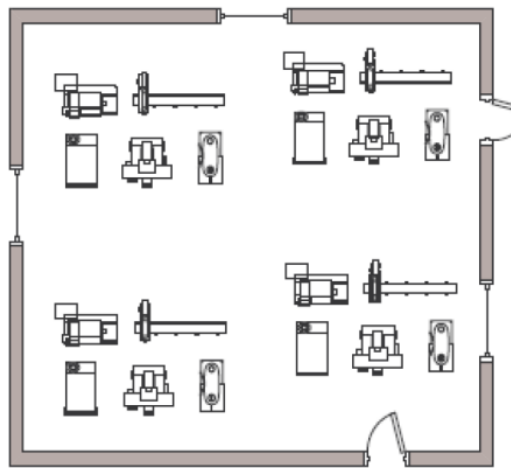
O arranjo físico em célula, também conhecido como *layout* celular, é caracterizado pela alocação de diferentes tipos de máquinas em uma mesma localidade, de forma a permitir a produção completa do produto. Ao contrário do arranjo físico posicional, que organiza as máquinas em grupos de acordo com suas funções específicas, o *layout* celular agrupa recursos transformadores de diferentes funções em células. Nesse arranjo, os recursos transformados se movimentam dentro da célula, passando pelas diferentes máquinas, até que o output, que pode ser um produto ou serviço, esteja completo (Martins e Laugeni, 2005).

Black (1998) diz que uma célula de manufatura é projetada para ter mais flexibilidade que um *layout* em linha, muitas vezes tem uma disposição em forma de “U”, as máquinas normalmente operaram em ciclos automáticos, geralmente inclui todos os processos necessários

para uma peça ou submontagem completa. Já quanto às características dos operadores que trabalham dentro de uma célula, os mesmos são treinados para lidar com mais de um processo, o tempo de ciclo dita a performance de cada processo e os operadores trabalham em pé ou caminhando (BLACK, 1998).

Dentre os principais benefícios de se produzir utilizando uma célula de manufatura é a flexibilidade, porém além disso é possível ter ganhos na troca rápida de ferramentas (TRF), *setup*, capacidade para lidar com um mix diferente de produtos e adaptação da capacidade de acordo com a demanda (BLACK, 1998).

Figura 4. Célula de manufatura.



Fonte: Black (1998).

### 3.2.1.5 Tipos de célula de manufatura

Dentre os principais tipos de células de manufatura Barroso (2003) classifica quatro principais, sendo eles:

1. Célula com uma só máquina: uma ou mais famílias de peças são operadas por apenas uma máquina.
2. Célula com várias máquinas e movimentação manual: embora se opere com várias máquinas, os colaboradores é que executam o manuseio de materiais, O formato mais utilizado é em “U”.



3. Célula com várias máquinas e manuseios semi-integrados: as peças são movidas entre as máquinas através de sistema mecanizado caracterizando-se em linha.
4. Sistemas flexíveis de manufatura: são as células mais automatizadas combinando centros de processamento automatizados com um sistema de manuseio de materiais totalmente integrados.

### 3.2.2 Fac Plan

O método Fac Plan, introduzido por Lee (1998), é um processo sistemático de planejamento de *layout* que se divide em etapas com responsabilidades e prazos definidos para cada uma. Este método leva em consideração tanto aspectos quantitativos quanto qualitativos relacionados ao projeto, não se baseando exclusivamente na experiência ou conhecimento da equipe envolvida.

O Fac Plan abrange cinco níveis de planejamento: global, supra, macro, micro e sub-micro. Cada nível considera desde as características individuais das estações de trabalho até a localização global da empresa. O Quadro 1 resume as principais características de cada nível de planejamento espacial de acordo com o método (MIURA, 2011).

Quadro 1. Descrição dos cinco níveis de planejamento do Fac Plan.

Nível	Atividade	UPE Típica	Ambiente	Resultado
<b>Global</b>	Localização e seleção	Locais	Mundo ou país	Definição do local (país, estado ou cidade)
<b>Supra</b>	Planejamento	Característica das construções	Local	Planta do terreno e das instalações
<b>Macro</b>	Layout das construções	Células ou departamentos	Construção	Projeto da planta industrial – layout dos setores
<b>Micro</b>	Layout de departamento	Características das células	Células	Projeto dos setores/layout dos equipamentos e estações de trabalho
<b>Sub-micro</b>	Projeto de estações de trabalho	Localização de ferramentas	Estação de trabalho	Projeto da estação de trabalho

Fonte Lee (1998, p. 273).

**Nível Global:** No estágio inicial do processo, a empresa realiza a tomada de decisão em relação à variável distância e aos fatores relacionados à distribuição da atividade econômica. É nessa etapa que a localização geral da empresa é definida, considerando fatores estratégicos e de mercado (OLIVÉRIO, 1985).

**Nível Supra:** Nessa fase, é elaborada a planta baixa, que inclui a localização do terreno. Todos os elementos do espaço devem ser dispostos levando em conta os limites do terreno, o plano diretor urbanístico, o acesso às ruas e as características topográficas do local (LEE, 1998).

**Nível Macro:** Aqui são definidos os possíveis terrenos para a instalação da fábrica e é realizado o projeto e a estruturação do prédio. Essa etapa é considerada crucial no método, pois envolve a integração de diversas variáveis para garantir um arranjo físico eficiente (LEE, 1998).

**Nível Micro:** Após a definição da localização do terreno, é hora de planejar a disposição do maquinário e dos móveis, projetando cada setor de acordo com as plantas definidas no nível Macro. Essa etapa visa otimizar o fluxo de trabalho e a utilização dos recursos (CLOVIS, 2002).

**Nível Sub-Micro:** Nessa etapa final, cada estação de trabalho é detalhadamente planejada, levando em consideração o espaço necessário para que cada colaborador execute suas tarefas nas máquinas definidas no nível anterior. Essa abordagem visa aprimorar a ergonomia e a eficiência do trabalho (CLOVIS, 2002).

### 3.3 SIMULAÇÃO COMPUTACIONAL

Nesta seção serão apresentadas algumas definições, características gerais da simulação, passando para o assunto de classificação dos modelos de simulação. Então, será fornecida uma abordagem de aplicação geral.

#### 3.3.1 Definição

A utilização da simulação surge devido a um interesse de criação de um sistema que representa o mundo real. Um sistema é definido como um conjunto de entidades, por exemplo, pessoas ou máquinas, que são interconectados por meio de relações e interações que definem

como os elementos do sistema trabalham juntos para alcançar um objetivo em comum (LAW; KELTON, 1991 apud SCHMIDT; TAYLOR, 1970). Os sistemas podem ser discretos ou contínuos, o primeiro é caracterizado por variáveis de estado que mudam instantaneamente, já o segundo tipo de sistema tem a característica de suas variáveis de estado variarem continuamente de acordo com o tempo (LAW; KELTON, 1991).

Para realizar a simulação de um sistema é preciso definir um modelo, para Banks, Carson e Nelson (1999), um modelo é definido como a representação de um sistema que se pretende estudar, onde é preciso considerar os aspectos que afetam este sistema e também que este modelo tenha detalhes suficientes para que gere conclusões válidas.

Segundo Chwif (2015), a palavra “simulação” pode ter duas classificações: simulação computacional e a simulação não computacional, onde a primeira necessita de um computador enquanto a segunda não e se enquadra mais em situações onde o objetivo é de simular o comportamento real dentro de um ambiente controlado, como por exemplo o teste de um protótipo. Para Vieira (2006) apud Pedgen et al. (1990) a simulação é um processo de propor e projetar um modelo computacional de um sistema real e guiar experimentos com este modelo com o propósito de entender seu comportamento e avaliar estratégias para sua operação.

### **3.3.2 Características gerais da simulação**

Para Vieira (2006), a simulação tem como objetivo dar apoio a tomada de decisão, reduzir riscos e minimizar custos envolvidos, sendo possivelmente usada para verificação e validação de possíveis soluções para problemas, podendo estes serem de diversos segmentos industriais.

A simulação não é uma ferramenta estritamente usada para otimização, apesar de esse ser um dos usos possíveis. Alguns dos objetivos no uso de simulação são: a redução de custos, melhoria de eficiência de processos já existentes, validação de processos antes de sua implementação, previsão de comportamentos futuros e estudos sobre o sistema existente (VIEIRA, 2006).

Diante desses objetivos a simulação apresenta diversas vantagens. Freitas Filho (2008) afirma que alguns de seus benefícios são:

- Possibilidade de replicar inúmeras vezes um modelo para avaliação de projetos e tomadas de decisão;

- Mais fácil de ser aplicada quando comparada a métodos analíticos, pois não apresentam necessidade de simplificações e permitem que sejam feitas análises de praticamente qualquer medida concebível;
- Dado que os modelos podem ser extremamente detalhados chegando muito próximo de um sistema real, novas políticas e procedimentos operacionais, regras de decisão e fluxo de informação podem ser avaliados sem perturbar o sistema real;
- Como o tempo é controlado é possível reproduzir fenômenos de maneira lenta ou acelerada e assim fazer melhores análises;
- Entendimento de quais variáveis são mais importantes em relação a performance do sistema;
- Identificação de “gargalos”.

Apesar de ter diversas vantagens que em muitos casos fazem seu uso extremamente pertinente, simular pode trazer algumas dificuldades e com isso algumas dificuldades quando comparada a outros métodos. Para Freitas Filho (2008) as dificuldades são:

- Necessidade de treinamento especial para a equipe que será responsável pela simulação;
- É importante que a pessoa que está simulando tenha experiência e isso requer tempo e prática;
- Resultados de difícil interpretação, dificuldade de determinar quando uma observação durante a execução acontece devido a uma relação significativa do sistema ou a um processo aleatório;
- Consumo de muitos recursos, em principal tempo e a tentativa de simplificações podem gerar uma economia que pode ocasionar em um resultado insatisfatório.

### **3.3.3 Classificação dos modelos de simulação**

Os modelos de simulação podem ser classificados em analíticos e matemáticos. Os modelos analíticos surgem a partir de fórmulas matemáticas para representar de maneira simplificada uma realidade. Um modelo matemático utiliza de uma notação simbólica junto de um modelo matemático do sistema, e um modelo de simulação é um tipo de modelo matemático

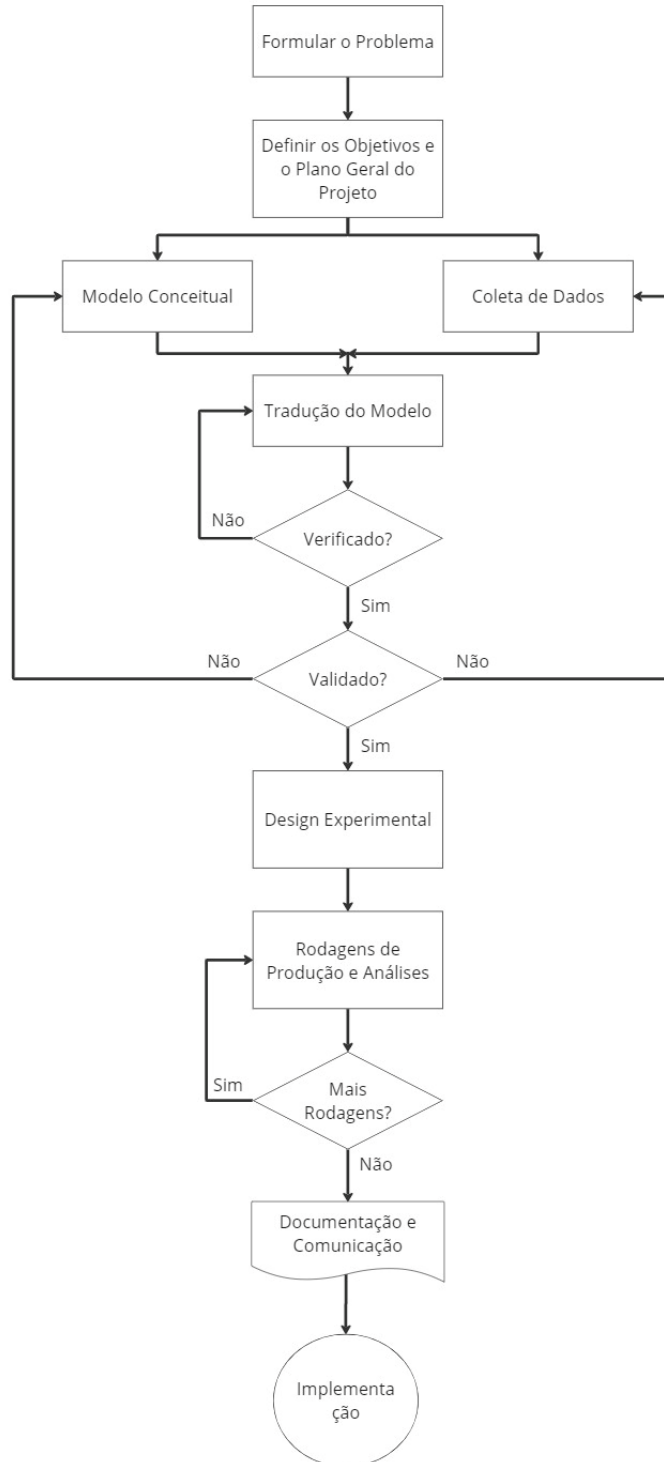
(LAW; KELTON, 1991). Quanto a este tópico existem três dimensões que os modelos de simulação podem ser classificados, a divisão tem como base (LAW; KELTON, 1991).

- Modelos de simulação estáticos e dinâmicos: Um modelo de simulação representa um sistema em um dado momento no tempo ou um sistema no qual o tempo não tem influência, sendo assim classificado como estático. Quando um modelo de simulação representa a evolução de um sistema ao longo do tempo, este sistema é classificado como dinâmico;
- Modelos de simulação determinístico e estocástico: Quando o modelo de simulação não contém nenhum elemento probabilístico, ou aleatoriedade, são ditos dinâmicos. Por outro lado, alguns modelos precisam conter alguma incerteza na forma de aleatoriedades, usando assim elementos probabilísticos, estes são classificados como estocásticos;
- Modelos de simulação contínuos e discretos: Modelos de simulação nos quais as mudanças nas variáveis de estado do modelo acontecem de forma instantânea e em um período específico de tempo, são ditos como discretos. Já quando estas mudanças são contínuas ao longo do tempo e ocorrem a todo instante, são chamados de modelo contínuo.

### **3.3.4 Metodologia para uso da simulação**

Para um estudo em simulação se faz necessário seguir alguns critérios, que servem para balizar a condução de um estudo na área, que serão apresentados nesta subseção. Abaixo será apresentado uma estrutura de passos adotada por Banks, Carson e Nelson (1999) este fluxograma é apresentado na Figura 5.

Figura 5. Passos para um estudo de simulação.



mira

Fonte: Banks, Carson e Nelson, 1999, adaptado pelo autor, 2023.

#### *3.3.4.1 Formular o problema*

Todo estudo deve iniciar com a declaração do problema e que a mesma garanta que o problema foi entendido claramente, pois pode acontecer de a problemática inicialmente anunciada não esclarecer todos os pontos necessários para o estudo (BANKS; CARSON; NELSON, 1999). Para Chwif (2015) com o entendimento claro do problema a ser resolvido é definido o escopo do modelo, suas hipóteses e seu nível de detalhamento.

#### *3.3.4.2 Definir os objetivos e o plano geral do projeto*

Os objetivos apontam para as questões que o modelo busca responder e sua determinação deve ser feita considerando que a simulação é a metodologia apropriada a ser usada para o problema formulado, também deve incluir o plano para o estudo em termos de recursos, como de pessoas, custo do estudo e dias de projeto (BANKS; CARSON; NELSON, 1999).

#### *3.3.4.3 Modelo conceitual*

Para modelar é necessário a capacidade de abstrair os principais aspectos do problema, após isso é importante enriquecer o modelo e torná-lo mais elaborado até que ele resulte em um resultado próximo da realidade que se está tentando descrever, porém o modelo não deve ser mais complexo que o necessário e assim ultrapassar a barreira do que um modelo conceitual se propõem a descrever (BANKS; CARSON; NELSON, 1999). Ainda para Banks, Carson e Nelson (1999), o modelador deve formular o modelo conceitual buscando capturar somente os elementos do sistema que são essenciais na resolução do problema formulado.

#### *3.3.4.4 Coleta de dados*

Existe uma forte ligação e interação entre o Modelo Conceitual e a coleta de dados (BANKS; CARSON; NELSON 1999 apud SHANNON 1975). Quanto mais complexo for o modelo maior será o montante de dados necessários e com uma proporção maior de dados pode se fazer necessário despender mais esforço nesse tópico, nesses casos a coleta de dados deve

começar o quanto antes, normalmente em conjunto com os estágios anteriores (BANKS; CARSON; NELSON, 1999). Nesta etapa o processo também pode ser chamado de amostragem, pois em muitos casos é impraticável realizar a coleta de dados de toda população, então nesse caso a análise deve ser feita com base em uma amostra, sendo amostra um conjunto de valores que buscam representar uma população estatisticamente (CHWIF, 2015).

Para Banks, Carson e Nelson (1999), um conceito básico aplicado na Engenharia de Software e que pode ser igualmente aplicado na simulação de sistemas discretos é o “GIGO” ou “garbage-in-garbage-out”, que traz a ideia em que se os dados forem coletados incorretamente ou analisados de maneira não apropriada, os resultados da simulação serão errôneos e podem gerar tomada de decisões equivocadas.

#### 3.3.4.4.1 Tratamento dos dados

Dentro desta etapa também se faz necessário o tratamento dos dados para que seja possível compreender melhor o fenômeno estudado. Nesta fase é feita a extração das medidas de posição (média, mediana, moda etc,) e as de dispersão da variável aleatória do estudo (variância, amplitude, coeficiente de variação etc) (CHWIF, 2015). Em um levantamento de dados é muito usual nos depararmos com *outliers*, ou pontos fora da curva, estes podem se dar por erro na coleta de dados (principalmente quando a coleta é manual), ou em eventos raros que se enquadram como situações atípicas mas continuam pertencentes ao fenômeno em estudo (CHWIF, 2015). Ainda Chwif (2015) afirma que as Técnica dos Quartis ( $A = Q3 - Q1$ ) funcionam eficientemente para esses casos, apesar disso é importante se atentar ao objetivo final do estudo, pois nem sempre retirar ou *outliers* é o procedimento pois as vezes ele se configura como uma característica do fenômeno.

Após retirar os *outliers* da amostra, precisamos verificar se a amostra retrata uma sequência de valores independentes e identicamente distribuídos, ou seja, se não existem correlações entre os dados que fazem parte da amostra, para isso é utilizada a análise de correlação, para essa análise pode-se usar testes como diagrama de dispersão (CHWIF, 2015).

#### 3.3.4.4.2 Identificação da distribuição dos dados



Construída a amostra, o passo seguinte é identificar uma distribuição de probabilidades que represente o fenômeno estudado (CHWIF, 2015). Law e Kelton (1991) colocam que uma distribuição empírica pode conter certas irregularidades, principalmente quando o montante de dados disponível é reduzido, devido a isso, preferencialmente deve-se buscar ajustar os dados coletados a uma distribuição teórica, contínua ou discreta.

Posteriormente são realizados testes estatísticos para qualificar a aderência do modelo. Para isso utiliza-se duas hipóteses onde Chwif (2015) diz que:

H<sub>0</sub>: o modelo é adequado para representar a distribuição da população.

H<sub>a</sub>: o modelo não é adequado para representar a distribuição da população.

Quando uma hipótese nula (H<sub>0</sub>) não é rejeitada nos testes, ela determina que é aceitável assumir que o conjunto de dados em questão segue a distribuição de probabilidade testada, sendo assim, a distribuição representa suficientemente bem os dados coletados (CHWIF, 2015). Os testes mais comuns de serem feitos são Chi-quadrado e Kolmogorov-Smirnov (BANKS; CARSON; NELSON, 1999).

#### *3.3.4.5 Tradução do modelo*

Para Banks, Carson e Nelson (1999) após o Modelo Conceitual e a Coleta de Dados estarem prontos, o passo seguinte é a tradução do modelo, onde o modelo deve ser colocado em um formato que um computador seja capaz de reconhecer. O modelador deve decidir em qual linguagem de programação ou software de simulação deve ser usado. Pode ser usado uma linguagem de programação (Pascal, FORTRAN, BASIC) ou linguagem de simulação (GPSS, SIMAN, SIMSCRIPT II.5) (LAW, 1991). Também podem ser usados para manufatura um software de simulação (ProModel, Arena e AutoMod) (BANKS, CARSON e NELSON, 1999).

#### *3.3.4.6 Verificação*

O objetivo de verificar um modelo é o de garantir que o modelo computacional representa com acurácia o modelo conceitual, no quesito de componentes do sistema, estrutura do sistema, parâmetros, abstrações e simplificações, e com isso verificar se a modelo

programado é uma representação de completa e correta do modelo conceitual (BANKS; CARSON; NELSON, 1999).

#### *3.3.4.7 Validação*

Na etapa de validação busca-se determinar se um modelo é a representação acurada do sistema real, apesar de esta etapa ser normalmente realizada em paralelo com a Verificação pelo modelador, mas diferentemente da verificação, este tem foco maior na calibração do modelo e comparação entre o comportamento do sistema real com o do modelo computacional, realizando iterações para conseguir melhorar o modelo (BANKS; CARSON; NELSON, 1999).

#### *3.3.4.8 Design experimental*

Deve-se nessa etapa decidir qual design experimental será simulado em casos onde mais de uma alternativa são pertinentes (BANKS; CARSON; NELSON, 1999). Existem casos em que a decisão completa é difícil de ser tomada e nesses casos pode-se utilizar o passo posterior de Rodagens de Produção e técnicas de análises para decidir qual sistema adicional deve ser simulado (LAW; KELTON, 1991).

#### *3.3.4.9 Rodagem de produção e análises*

Estas rodagens tem como objetivo prover dados de performance sobre o design do sistema estudado (LAW; KELTON, 1991). O objetivo é ter uma estimativa e um intervalo de um parâmetro, o output (BANKS; CARSON; NELSON, 1999).

#### *3.3.4.10 Mais rodagens*

São necessárias quando com base nas análises das rodagens completas é constatada a necessidade de rodagens adicionais, para isso é preciso também determinar o design que esses novos experimentos devem seguir (BANKS; CARSON; NELSON, 1999).

#### *3.3.4.11 Documentação e comunicação*

É preciso consolidar toda documentação produzida durante o estudo, para isso existe a documentação do programa e a documentação do progresso. a primeira busca a gestão do conhecimento para caso o modelo estuda volte a ser utilizada no futuro, quem for realizar esta operação deve entender como o programa opera, o mesmo se aplica para caso sejam necessárias mudanças futuras devido a alterações do sistema real (BANKS; CARSON; NELSON, 1999).

Já um relatório de progresso visa documentar a história do projeto de simulação, como cronologia e decisões tomadas durante o projeto, são sugeridos relatórios frequentes para que seja possível o entendimento do dia a dia por alguém que não esteve envolvido diretamente com o projeto, além disso os resultados de todas as análises devem ser reportados de maneira clara e concisa em um relatório final que permita, se necessário, revisar a formulação final, as alternativas identificadas, os critérios utilizados para comparação dessas alternativas e os resultados finais dos experimentos (BANKS; CARSON; NELSON, 1999 apud MUSSELMAN, 1994).

#### *3.3.4.12 Implementação*

Um estudo de simulação que seus resultados não são implementados é um estudo que falhou (LAW; KELTON, 1991). Para isso é preciso que a etapa de Documentação e Comunicação tenha sido realizada com qualidade, então o autor coloca que o sucesso da implementação depende em parte do envolvimento do modelar e na eficiente execução das etapas anteriores, talvez a etapa mais importante seja a Validação pois um modelo invalido conseqüentemente termina em um resultado equivocado no qual a implementação pode ser perigosa e custosa (BANKS; CARSON; NELSON, 1999).

### 3 PROCEDIMENTOS METODOLÓGICOS

Este capítulo apresenta o método de pesquisa utilizado. Primeiramente, a metodologia será enquadrada quanto à natureza, abordagem, objetivos e procedimento. Em seguida, será feita a caracterização do contexto em que o estudo está inserido, com enfoque na descrição do processo produtivo. Por fim, o terceiro tópico apresenta as etapas da pesquisa.

#### 3.1 CARACTERIZAÇÃO METODOLÓGICA DO TRABALHO

Existem diversas maneiras de categorizar as pesquisas científicas. Essa classificação acontece baseada em quatro principais perspectivas. São elas: do ponto de vista da natureza da pesquisa, do método (abordagem metodológica), dos objetivos e dos procedimentos técnicos.

Quanto à sua natureza, ela caracteriza-se como aplicada. Conforme Nascimento (2016), a pesquisa aplicada tem por objetivo a geração de conhecimento para solucionar problemas específicos é dirigida à busca da verdade para determinada aplicação prática e, situação particular. Nesse sentido, a pesquisa dedica-se a propor um melhor *layout* para o setor de mostruário pequeno de uma empresa do setor têxtil, de forma a potencializar os resultados produtivos.

No contexto da abordagem de pesquisa, ela caracteriza-se como predominantemente qualitativa, fazendo uso da abordagem quantitativa apenas pontualmente. Qualitativa pois, considera-se que há uma relação dinâmica entre o mundo real e o sujeito, onde a interpretação dos fenômenos e a atribuição de significados fazem parte do processo de pesquisa qualitativa, e o ambiente natural é a fonte direta para coleta de dados e o pesquisador é peça fundamental (PRODANOV; FREITAS, 2013). Quantitativa, haja vista que considera aspectos quantificáveis, isto é, traduz em números opiniões e informações, facilitando a comparação e a análise de medidas de dados, utilizando de recursos e de técnicas estatísticas para este estudo (PRODANOV; FREITAS, 2013; NASCIMENTO, 2016). As análises e conclusões do presente trabalho terão como base a observação sistemática, coletas de dados presenciais e dados históricos fornecidos pela empresa em questão.

Quanto aos objetivos da pesquisa, ela caracteriza-se como exploratória e descritiva. Exploratória devido ao fato de ter como objetivo proporcionar maior familiaridade com o

problema, com intuito de torná-lo mais explícito e ter como objetivo principal o aprimoramento de ideias (GIL, 2002). A pesquisa envolveu um prévio conhecimento técnico a respeito da metodologia *Lean*, que será utilizada como meio para atingir os resultados desejados e, através de observações sistemáticas, buscou-se apontar os potenciais de melhoria de produtividade.

Por fim, quanto ao procedimento técnico do estudo, este enquadra-se como pesquisa-ação, considerando o fato de que o pesquisador atua de maneira participativa no objetivo de estudo. Para Gummesson (2000), a pesquisa-ação tem por características dois objetivos, resolver um problema e contribuir cientificamente. Além disso, outros aspectos importantes devem se fazer presentes, como: ter os pesquisadores e participantes do problema envolvidos de modo cooperativo e interativo, desenvolver um entendimento holístico, ser fundamentalmente sobre mudanças e um pré entendimento do ambiente corporativo e das condições, estrutura e dinâmica da atividade da empresa (GUMMESSON, 2000).

### 3.2 CONTEXTO DE APLICAÇÃO DA PESQUISA

A empresa selecionada empreende no setor de vestuário, atuando com uma cadeia vertical que engloba desde a confecção da malha até a expedição do produto acabado. Localizada no norte do estado de Santa Catarina, a empresa em questão tem importante participação no mercado brasileiro, com mais de 4.500 colaboradores. Nesse sentido, os produtos ali fabricados devem ser competitivos no mercado a nível estadual e nacional.

Ademais, quando se trata de um setor relacionado a moda, este acaba por enfrentar a efemeridade dos produtos e a sazonalidade das vendas, assim demandando frequentemente novas coleções. As mesmas passam pelo setor de estilo onde se define conceitos da coleção, depois passa pela etapa de modelagem em que se confecciona o molde da peça, posteriormente passa pelo setor de mostruário pequeno, mostruário grande e produção seriada.

Quando se fala de mostruário pequeno ou pilotagem, estão agregados dois processos: peças piloto e peças foto. As peças piloto são categorizadas dessa forma quando é a primeira vez que a peça é costurada, algumas características produtivas importantes são que somente uma peça é costurada, independentemente de quantas cores ou tamanhos esse modelo terá, outro ponto é que levam muito mais tempo para serem confeccionadas que as peças foto por ser um processo sem repetibilidade e também exigir criticidade das piloteiras. Esta etapa existe para entender a viabilidade da confecção, a costurabilidade e a possível detecção de erros de

modelagem. As peças foto por sua vez são peças que irão para catálogo e alguns fornecedores, por isso denominadas de peças foto, seus aspectos produtivos são lotes de 5 até 15 peças, com diversos setups devido ao mix de cor de cada modelo. Esta etapa tem por objetivo validar a costurabilidade em maior escala, assim como detectar procedimentos de costura que garantem menor tempo de costura para os setores posteriores (mostruário grande e produção seriada) e ao mesmo tempo favoreçam a manutenção da qualidade de costura.

O setor de mostruário grande é a etapa seguinte ao mostruário pequeno, onde os mesmos modelos costurados no setor de mostruário pequeno são costurados, porém em um número maior de peças, para que sejam enviadas para fornecedores e vendedores de modo a estes poderem fazer seus processos de catálogo antes de as peças estarem disponíveis para venda.

Já a produção seriada consiste na produção em larga escala das peças catalogadas para que as lojas possam vender e disponibilizar para os seus clientes. Uma grande diferença desse setor para o de mostruário pequeno é a diferença quanto a polivalência, no setor de mostruário pequeno as piloteiras operam diversas máquinas porém sem tanta eficiência, já no setor de produção seriada as costureiras operam apenas um tipo de máquina, porém com um nível de produtividade muito maior.

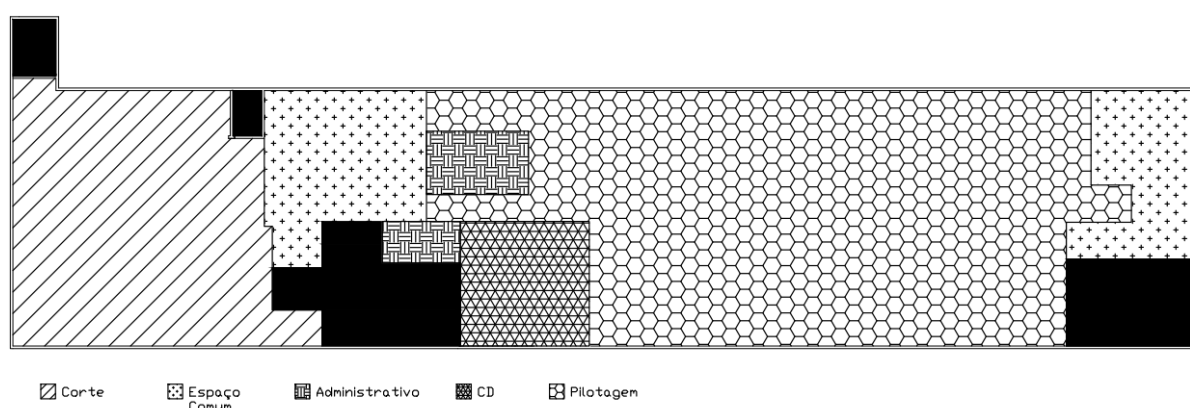
Quanto a infraestrutura presente, compõe-se por um diverso grupo de máquinas, sendo ao todo 128 máquinas de costura divididas entre 25 piloteiras. As máquinas mais demandadas chegam a até 15 repetições no *layout* atual, porém esses números são muito mais de acordo com o sentimento das líderes do setor do que um real estudo das necessidades, porém é fato que alguns tipos de máquinas tem um índice de utilização muito maior que outras. Isso acontece devido ao fato de ter máquinas de acabamentos extremamente específicas que às vezes são utilizadas para apenas um modelo dentro de uma coleção, por exemplo, enquanto que outras máquinas são utilizadas em 100% dos modelos, como é o caso do embutidor.

Um ponto importante acerca dos processos da empresa e que guiou certas análises foi a classificação das peças foto e peças piloto quanto a complexidade, esta complexidade é definida pelo setor que confecciona o desenho da peça e com base em alguns critérios de decisão é feita a definição de complexidade quanto a costura para cada peça. No caso existem quatro classificações sendo elas: C1, C2, C3, C4. As peças de classificação C1 são as peças de menor complexidade enquanto que as peças de complexidade C4 são as mais complexas de serem

costuradas. Esta classificação é importante para o estudo do arranjo físico assim como para a proposição da nova disposição física pois quanto maior a complexidade da peça, maior o nível de detalhes e acabamentos e com isso maior o número de máquinas que a peça acaba passando, afetando assim o fluxo produtivo.

Para melhor elucidar a disposição física do espaço estudado, dividiu-se de forma macro as áreas presentes, como pode ser visto na Figura 6.

Figura 6. Esquema elucidando a disposição física do espaço estudado.



Fonte: O autor (2023).

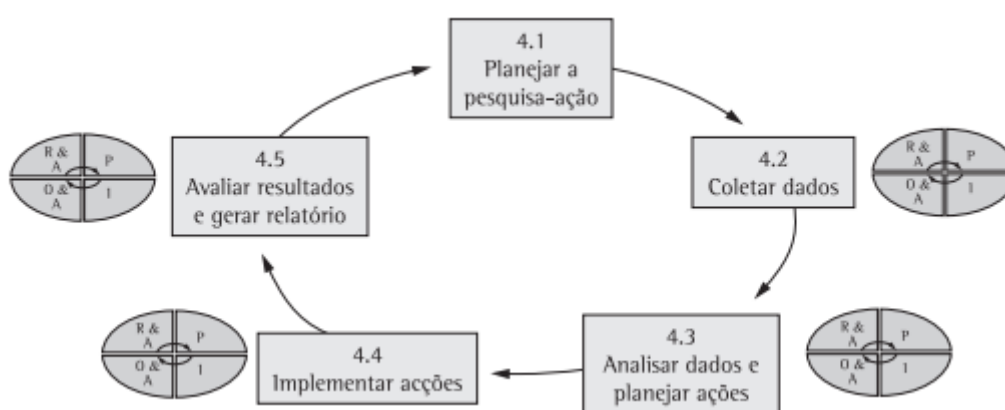
A área de corte é responsável pela armazenagem de tecidos e malhas, enfiado e corte dos mesmos. Os espaços comuns são caracterizados por lugares de circulação ou lugares compartilhados como por exemplo área de descanso dos colaboradores de todas as áreas. Na parte de escritório estão as mesas de trabalho da supervisora do setor de mostruário pequeno, assim como a equipe de Planejamento e Controle de Produção (PCP) que coordena as ordens de produção. O CD é o centro de distribuição, nele é feito o *picking* de aviamentos que estão estocados ali mesmo, assim como corte em tiras de debrum e armazenagem da matéria prima utilizada para confecção do debrum. Por fim a área de pilotagem, nesta se concentram duas líderes de costura e 25 piloteiras que realizam a junção dos materiais cortados na área de corte com os aviamentos e debruns, posteriormente é feita a dobração das peças e então estas são enviadas para o setor de engenharia. Quanto à distribuição de pessoas, nos setores de corte, CD e pilotagem encontram-se respectivamente 5, 2 e 27 colaboradores.

É importante abordar na presente seção aspectos relacionados aos processos, no cenário encontrado no início da pesquisa, conforme já mencionado no primeiro capítulo. Tanto as peças foto quando as peças piloto eram realizadas do início ao fim pela mesma piloteira, ponto que gerava alguns problemas como: dificuldade de gerenciamento de metas e produtividade, alta concorrência e altos tempos de espera para o suporte das líderes devido a alta quantidade de modelos sendo produzidos simultaneamente, baixo índice de detecção de erros e altos níveis de retrabalho.

### 3.3 PROCEDIMENTO METODOLÓGICO

A presente seção visa descrever as etapas do procedimento metodológico que foram utilizadas para alcançar os objetivos propostos pelo presente estudo. Mello et al. (2012), dispõe a estrutura de condução da pesquisa-ação em cinco etapas principais, sendo elas: planejar a pesquisa-ação, coletar dados, analisar dados e planejar ações, implementar ações e por fim avaliar resultados e gerar relatório. A Figura 7 representa o fluxo das etapas da pesquisa-ação apresentada pelos autores citados. O presente estudo irá abordar todas as etapas do ciclo proposto, mantendo em vista as limitações apresentadas na seção 1.5.

Figura 7. Fluxo das etapas da pesquisa-ação.



Fonte: Mello et al. (2012).

#### 3.3.1 Planejar a pesquisa-ação



Esta fase é composta por uma etapa preliminar de iniciação de pesquisa e três sub-etapas que são: definição de contexto e propósito, definição de estrutura conceitual-teórica e seleção da unidade de análise e técnicas de coleta de dados (MELLO *et al.*, 2012).

Quanto à iniciação da pesquisa, esta origina-se de uma demanda da organização, que conduziu a definição de um problema a ser resolvido. Quando trata-se de uma iniciação dirigida pelo problema, geralmente os integrantes de uma organização defrontam-se com um problema aparentemente insuperável e buscam um especialista teórico (pesquisador) para solucioná-lo, em geral esta solução precisa contribuir para melhorias práticas organizacionais e para base de conhecimento (AVISON; BASKERVILLE; MYERS, 2001; MELLO *et al.*, 2012).

### *3.3.1.1 Definição de contexto e propósito*

De acordo com Coughlan e Coughlan (2002), a etapa de definição de contexto e propósito é conduzida por duas questões principais: a racionalidade para a ação e a racionalidade para pesquisa. Ainda para os autores, a racionalidade para ação começa com os principais membros da organização entendendo o motivo do desejo pelo projeto e com o entendimento das forças econômicas, políticas, sociais e técnicas que guiaram a necessidade de ação. Já a racionalidade para pesquisa consiste no questionamento de porquê determinada pesquisa-ação tem valor de estudo, porque este procedimento metodológico é o mais adequado a ser adotado e qual contribuição de conhecimento é esperada (COUGHLAN; COUGHLAN, 2002).

Esta etapa teve cunho exploratório e consistiu em descobrir o campo de pesquisa, os interessados e suas expectativas em um diagnóstico do estado atual, onde foram realizadas reuniões com coordenadores e o gerente do setor de engenharia, responsável pela área de mostruário pequeno, assim como visitas guiadas a área em questão para melhor entendimento dos processos. O intuito foi de gerar uma maior compreensão do pesquisador acerca dos problemas considerados prioritários e o caminho a ser percorrido para solução dos problemas. Além disso, foram estabelecidos os principais objetivos da pesquisa, elencando o problema prioritário, ao campo de observação, aos atores e ao tipo de ação a serem tomadas no processo de diagnóstico. O fechamento desta etapa se deu com a definição dos integrantes da unidade de análise que participaram de modo cooperativo na condução da pesquisa, coleta de dados e implementação das ações para a solução do problema de pesquisa identificado. Uma das

primeiras tarefas dessa equipe foi definir quais indicadores serão acompanhados para avaliar a efetividade das ações planejadas, de modo a mensurar o sucesso após o ciclo do processo de pesquisa (MELLO *et al.*, 2012).

A equipe de trabalho foi definida com base na ideia de multidisciplinaridade, sendo formada por 6 pessoas: uma integrante da equipe de métodos e tempos, um membro do time de *Lean*, uma do setor de engenharia de processos, duas líderes do setor de mostruário pequeno e uma supervisora também do setor de mostruário pequeno, no Quadro 2 é possível ver de forma mais ilustrativa a configuração da equipe de pesquisa. Esta equipe definiu que o principal indicador acompanhado seria o índice de produtividade, como norteador da pesquisa, tendo como aspecto principal o melhor aproveitamento da mão-de-obra. Tal decisão foi tomada devido à necessidade da unidade selecionada e sua dificuldade histórica em aprimorar este indicador. Outros indicadores secundários também foram definidos como o lead-time, distância percorrida por piloteira, taxa de ocupação das máquinas e quantidade de máquinas por pessoa do setor.

Quadro 2. Equipe de pesquisa.

Nº	Área da Empresa	Cargo
1	Métodos e Tempos	Analista
2	<i>Lean Manufacturing</i>	Analista
3	Engenharia de Processos	Analista
4	Mostruário Pequeno	Líder de costura
5	Mostruário Pequeno	Líder de costura
6	Mostruário Pequeno	Supervisora

Fonte: O autor (2023).

### 3.3.1.2 Definição da estrutura conceitual-teórica

Rowley e Slack (2004) afirmam que a fundamentação teórica identifica e organiza os conceitos encontrados em trabalhos pertinentes ao tema, com objetivo de captar o estado de arte de um campo de conhecimento. Ainda para os autores, tendo como base a combinação de trabalhos clássico e recentes, torna-se possível identificar áreas em que uma pesquisa mais profunda trará benefícios

A estrutura conceitual-teórica foi pautada em três principais temas que são relevantes para a proposição e avaliação de uma mudança de arranjo físico, sendo eles a manufatura enxuta, abordagem de *layout* e simulação computacional. As buscas do material conceitual-teórico foram realizadas com base em um levantamento bibliográfico e o resultado do mesmo foi apresentado no Capítulo 2.

### 3.3.1.3 Seleção da unidade de análise e técnicas de coleta de dados

Na abordagem da pesquisa-ação com iniciação motivada pelo problema, onde a pesquisa nasce dentro de uma organização, a definição da unidade de análise já foi realizada (MELLO *et al.*, 2012). Quanto às técnicas de coleta de dados, Woodside e Wilson (2003) colocam a triangulação frequentemente que inclui: observação participante do pesquisador no ambiente da pesquisa, sondagens através de questionamento dos participantes para explicações e interpretações dos dados operacionais e análise de documentos escritos.

Quanto à definição da unidade de análise, esta limita-se ao setor de mostruário pequeno, onde mais detalhes foram fornecidos na seção 3.2. Sobre as técnicas de coleta de dados e com base no que coloca Woodside e Wilson (2003), o pesquisador optou por usar das três principais técnicas mencionadas, com destaque para observação participante no ambiente de pesquisa, que possibilitou a geração de maior quantidade de insumos para o estudo.

### 3.3.2 Coletar dados

Para Coughlan e Coughlan (2002), os dados podem ser obtidos de duas diferentes formas. Os dados denominados primários são coletados através de observações, discussões e entrevistas. Já os dados classificados como secundários são obtidos através de estatística operacional, informes financeiros e relatórios.

O presente estudo utilizou dos dois meios para coletar os dados necessários. Os dados primários foram obtidos por meio de observações diretas da dinâmica do setor e entrevistas com colaboradores envolvidos diretamente no processo. Os dados secundários foram obtidos através de banco de dados existente na empresa, tendo como principal insumo dados de crono análises feitas pelo setor de engenharia de processos da empresa.

A presente etapa teve início com o levantamento dos fluxos de material e informação, através da ferramenta do mapeamento de fluxo de valor. Utilizou-se dessa ferramenta para estabelecer uma visão mais holística e sistêmica de todo o fluxo do setor, assim como um maior entendimento da situação atual ao pesquisador, sendo este entendimento um aspecto chave para o desenho de uma solução eficaz. Também foram feitas análises quanto às taxas de agregação de valor para entendimento de quanto os processos estão alinhados com a ideia de redução de desperdícios prezada pela metodologia *Lean*.

Posteriormente, foi realizado o levantamento de informações seguindo os aspectos colocados para o terceiro nível do método Fac Plan, já abordados com maior nível de detalhes na seção 2.2.2.

Para o levantamento de produtos e volume utilizou-se o banco de dados da empresa. Quanto à coleta de dados referente a processos existentes, esta envolveu a observação da sequência de atividades às quais os produtos são submetidos e sondagens através de breves entrevistas aos colaboradores acompanhados, um total de cinco, as mesmas com duração média de 10 minutos e com objetivo de entender mais detalhes sobre os processos. Os dados de estoque foram obtidos com base na observação *in loco* e contagem do montante de estoque presente no setor. Para o arranjo físico atual, foi utilizado a planta baixa provida pelo setor de manutenção de modo a trazer maior confiabilidade às instalações fixas como mezaninos, escadas, paredes, colunas, etc. Somado a isso, o pesquisador realizou o levantamento arquitetônico da disposição física atual considerando a posição das máquinas no espaço, tendo apoio da equipe de pesquisa para a parte operacional de medidas. Ambos os processos foram realizados na plataforma AutoCad. O levantamento da infraestrutura física se deu por meio da observação das necessidades dos processos e consultas à equipe de pesquisa para que pudessem realizar a validação do levantamento. Sobre os fluxos de informação e materiais, o mapeamento do fluxo de valor foi uma ferramenta que colaborou para o entendimento, porém foi feita também a sobreposição com algumas análises de casos, elegendo um produto representativo de cada complexidade (C1, C2, C3 e C4) para verificar o “caminho” percorrido na instalação. Quanto à etapa de desenvolvimento de estratégia da operação, realizou-se reuniões com a gerência operacional e a alta gerência para entendimento dos direcionamentos da estratégia operacional. Nesse momento foi possível obter uma descrição completa e coerente do *layout* atual,

atendendo ao objetivo de realizar um diagnóstico do *layout* atual, a descrição do mesmo será realizada em detalhes na seção 4.1.

Para a sequência do estudo buscou-se duas fontes de dados principais. A primeira foi o estudo de crono análise realizado pelo setor de engenharia de processos da empresa na área foco, onde continha tempos médios de paradas, número médio de retrabalhos, tempos médios para estes retrabalhos e também o montante de falhas de máquinas por período. Já a segunda fonte foi a base de dados do setor de pilotagem que contém os tempos de confecção de cada modelo.

### **3.3.3 Analisar dados e planejar ações**

Segundo Coughlan e Coughlan (2002), o aspecto crítico da análise de dados na pesquisa-ação é que ela é colaborativa, sendo assim, pesquisador e membros do sistema cliente fazem-na juntos. Esta abordagem colaborativa tem como base a ideia de que os clientes têm maior expertise nos processos da sua empresa, assim como serão aqueles que irão implementar e acompanhar as ações propostas.

A análise de dados teve início com uma análise comparativa entre os resultados do mapeamento de fluxo de valor para peças foto e peças piloto, com intuito de entender quantitativamente a diferença dos dois processos. Para o início da análise de dados do estudo de *layout*, realizou-se a análise de produtos e volume, utilizou-se das informações fornecidas pela empresa por meio da plataforma *PowerBI*. Quanto à análise de processos existentes, esta envolveu a equipe multidisciplinar que se reuniu para desenhar uma visão de processo única, de maneira a garantir que todos entendessem a forma como o trabalho é feito hoje, para isto construiu-se uma carta de processos de um produto representativo da complexidade C1. A análise de estoques foi feita com base no levantamento do perfil do estoque, de maneira a entender a porcentagem de cada tipo de estoque, assim como seus montantes. Para análise do espaço atual, realizou-se a identificação da destinação das áreas para cada atividade, a identificação de quanto do espaço disponível é ocupado com cada função e a avaliação dos espaços atuais no *layout* da empresa. Os fluxos de informação e de materiais foram analisados pela equipe de pesquisa e também em reunião com os gestores operacionais e estratégicos. Quanto à análise da estratégia operacional, o foco foi em definir qual oportunidade de

focalização seria abordada, sendo definido o setor de costura como principal oportunidade de melhoria, que tem maior potencial em termos de esforço e resultado para a empresa.

Para a proposição do *layout* futuro, o primeiro passo foi a definição das Unidades de Planejamento de Espaço (UPE), em seguida realizou-se uma matriz de afinidades não associadas ao fluxo e então realizou-se a proposta do novo arranjo físico. Com a elaboração do *layout* proposto, cumpre-se o objetivo de propor o novo *layout* com fundamentação na metodologia de manufatura enxuta, o *layout* proposto será apresentado na seção 4.2. Posteriormente realizou-se a análise dos “caminhos” percorridos pelos mesmos produtos representativos apresentados na seção 4.1, para entender se havia alguma melhoria em termos de distância percorrida por produto. Em seguida foi feita a análise dos tempos e dos índices de produtividade, que foi direcionada e facilitada pelo pesquisador, onde o foco foi de entender se os dados estavam coerentes e se existiam dados contraditórios, de modo a certificar que os dados utilizados realmente são condizentes com a realidade do setor foco. Para esta análise utilizou-se das duas fontes de dados abordadas na seção 3.3.2, que são os dados da crono análise realizada pelo setor de engenharia de processos e a base de dados do setor de pilotagem. Esses dados foram utilizados como insumo para a simulação computacional da célula piloto, etapa que se justificou devido a possibilidade de análise de um maior número de indicadores que são de trabalho operacional muito grande quando coletados fisicamente.

A última atividade dessa etapa foi o desenvolvimento e a apresentação do planejamento de ações para a equipe de pesquisa, a liderança operacional e as lideranças estratégicas do setor. O intuito do plano é fornecer as etapas e entregáveis para o projeto de melhoria de *layout*. Tal proposta foi apresentada para equipe para validação e aprovação, permitindo que o pesquisador pudesse dar início a execução do plano de ação. Importante ressaltar que a quarta etapa consiste no teste físico da célula piloto (primeira célula a ser implementada), os resultados deste teste serão melhor abordados no capítulo seguinte. Este plano foi dimensionado para as cinco semanas disponíveis para a implementação, o cronograma das macro etapas podem ser vistas no Quadro 3.

Quadro 3. Cronograma das macro etapas.

N°	ETAPAS	Semanas				
		1	2	3	4	5
1	Workshop em conceitos fundamentais do Lean Manufacturing					
2	Dimensionamento de máquinas para a célula piloto					
3	Projeto de instalação de célula piloto					
4	Acompanhamento e debugging do teste piloto					
5	Análise dos resultados					
6	Modelagem e simulação computacional da célula piloto					
7	Avaliação dos resultados e análise comparativa com resultados do teste físico					

Fonte: O autor (2023).

A abordagem do plano de maneira mais destrinchada pode ser vista no Quadro 4, o intuito foi listar algumas questões-chave como o que será feito, como será feito, qual ou quais ferramentas serão utilizadas e qual apoio será necessário.

Quadro 4. Abordagem do plano detalhado.

N° da etapa	Atividade	Como	Ferramenta	Apoio
1	Planejamento de conteúdos do <i>workshop</i>	Listagem de conceitos chave para a implementação do <i>Lean Manufacturing</i>	Miro	–
	Aplicação do <i>Workshop</i>	Apresentação teórica e dinâmicas práticas	Microsoft Powerpoint	–
2	Levantamento de máquinas principais	Análise do histórico de produção	Microsoft Excel	Equipe de engenharia de processos
3	Definição de posicionamento de	Análise de limitações da infraestrutura	Autocad	Equipe de manutenção

	máquinas			
4	Observação e suporte ao teste	Presença da equipe durante o teste	-	Equipe de pesquisa
5	Análise dos resultados	Análise comparativa	-	Equipe de pesquisa
6	Definição de objetivos	Definição de indicadores e critérios	-	-
	Modelo conceitual	Mapeamento simplificado	Miro	-
	Coleta de dados	Levantamento de banco de dados	Microsoft Excel e Tecnomatix Plant Simulation	Equipe de pesquisa
	Tradução do modelo	Modelagem computacional	Tecnomatix Plant Simulation	-
	Verificação	Verificação do modelo programado	Tecnomatix Plant Simulation	-
	Validação	Análise e comparação	-	-
7	Rodagem de produção e análises	Rodagem via ferramenta de simulação	Tecnomatix Plant Simulation	-
	Documentação e comunicação	Execução de relatório	Microsoft Word	-

Fonte: O autor (2023).

### 3.3.4 Implementar ações

O plano de ação corresponde ao que precisa ser realizado ou mudado para atingir a solução de um determinado problema, com intuito de ainda refinar a teoria pesquisada, esse plano deve ser implantado de forma colaborativa com os membros-chave da organização



(THIOLLENT, 2007, COUGHLAN; COUGHLAN, 2002). Dessa forma, é nessa etapa em que as ações estabelecidas no plano foram colocadas em prática, importante enfatizar que na sexta etapa do plano de ação proposto utilizou-se o software Tecnomatix Plant Simulation, para que seja possível na etapa posterior a avaliação dos resultados obtidos.

### **3.3.5 Avaliar resultados e gerar relatório**

A avaliação consiste em uma reflexão acerca dos resultados obtidos após a implementação e é parte fundamental para o aprendizado, pois sem ela as ações são implementadas ao acaso, independentemente de sucesso ou fracasso, podendo ocasionar em uma propagação de erros e aumento da ineficácia. (COUGHLAN; COUGHLAN, 2002; MELLO *et al.*, 2012).

No presente estudo a avaliação consistiu em duas diferentes frentes, sendo elas a coleta de feedbacks sobre o novo modelo de trabalho e avaliação dos resultados da simulação. Para a primeira frente, esta teve caráter qualitativo, com objetivo de reunir as percepções dos colaboradores diretos ao processo de costura. Por fim, com o entendimento acerca da validação do modelo que será apresentado na seção 4.3.2, foi possível entender a aderência do mesmo a realidade dos testes, e com esta aderência confirmada realizar a extrapolação dos resultados, assumindo como coerentes e representativos da realidade os demais indicadores gerados. Com o resultado desta etapa, atinge-se o objetivo de avaliar por meio da simulação a contribuição das mudanças propostas para o sistema produtivo da empresa.

## 4 RESULTADOS E ANÁLISES

Neste capítulo, inicialmente serão apresentados os resultados acerca do *layout* atual, apresentando os insumos para o diagnóstico realizado do estado atual. Posteriormente, será apresentada a proposição de *layout*, assim como insumos que embasaram o desenho deste arranjo físico proposto. Em seguida, a análise do *layout* proposto será realizada, dividida entre os resultados obtidos com o teste piloto e os resultados obtidos com a simulação computacional. Por fim, uma análise geral do trabalho refletindo a experiência como um todo.

### 4.1 LAYOUT ATUAL

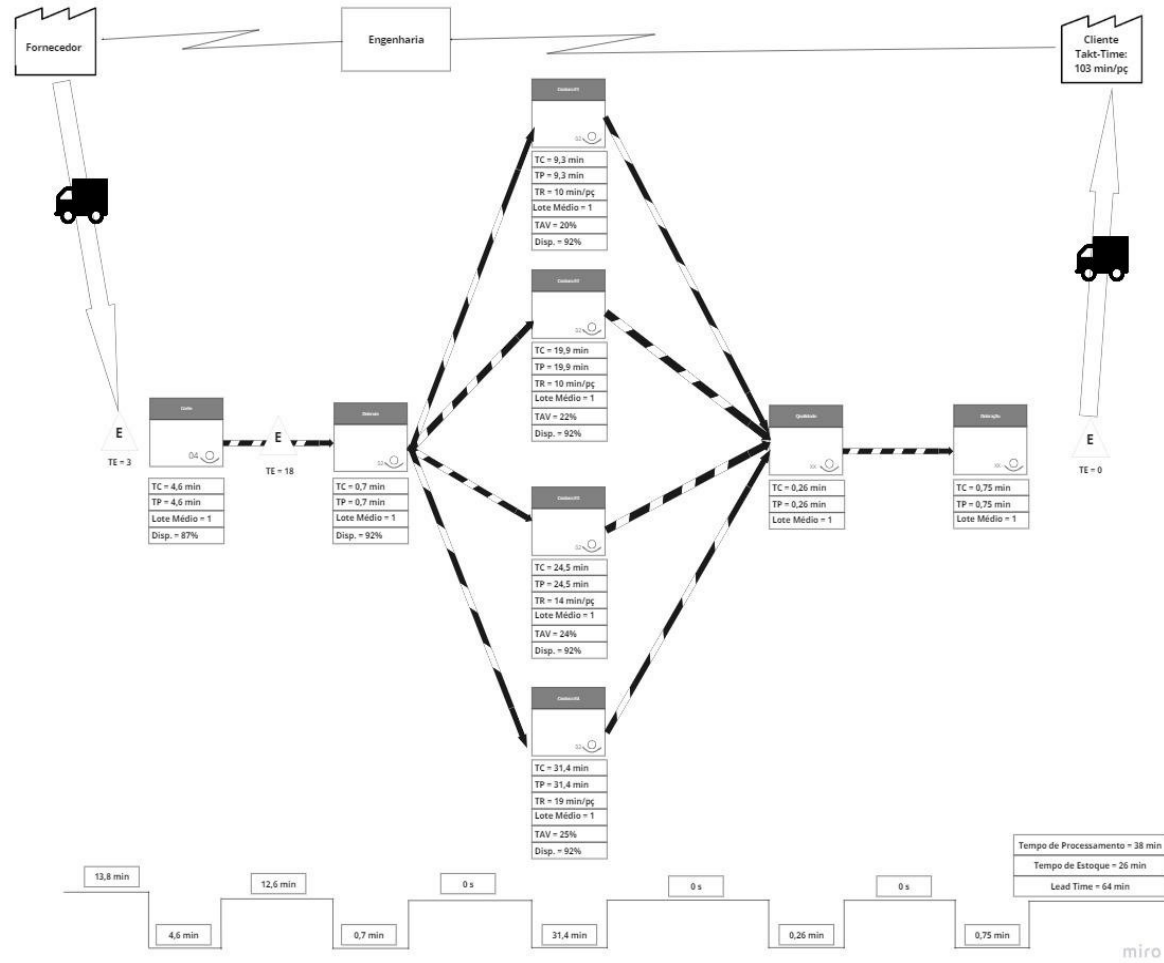
O mapeamento do fluxo de valor foi realizado tanto para peças piloto quanto para peças foto, nesse caso utilizou-se dois fluxos separados devido a característica específica de cada tipo de produto. Tais mapas podem ser observados nas Figuras 8 e 9, respectivamente.

Para melhor entendimento do mapeamento de fluxo de valor algumas definições precisam ser apresentadas, primeiramente o cálculo do *takt-time* que considerou a disponibilidade líquida anual, calculada pela multiplicação:

$$\begin{aligned} & ((498 \text{ minutos} \times 250 \text{ dias} \times 25 \text{ pessoas}) \div 30210 \text{ peças}) \\ & = 103 \text{ minutos/peça} \end{aligned}$$

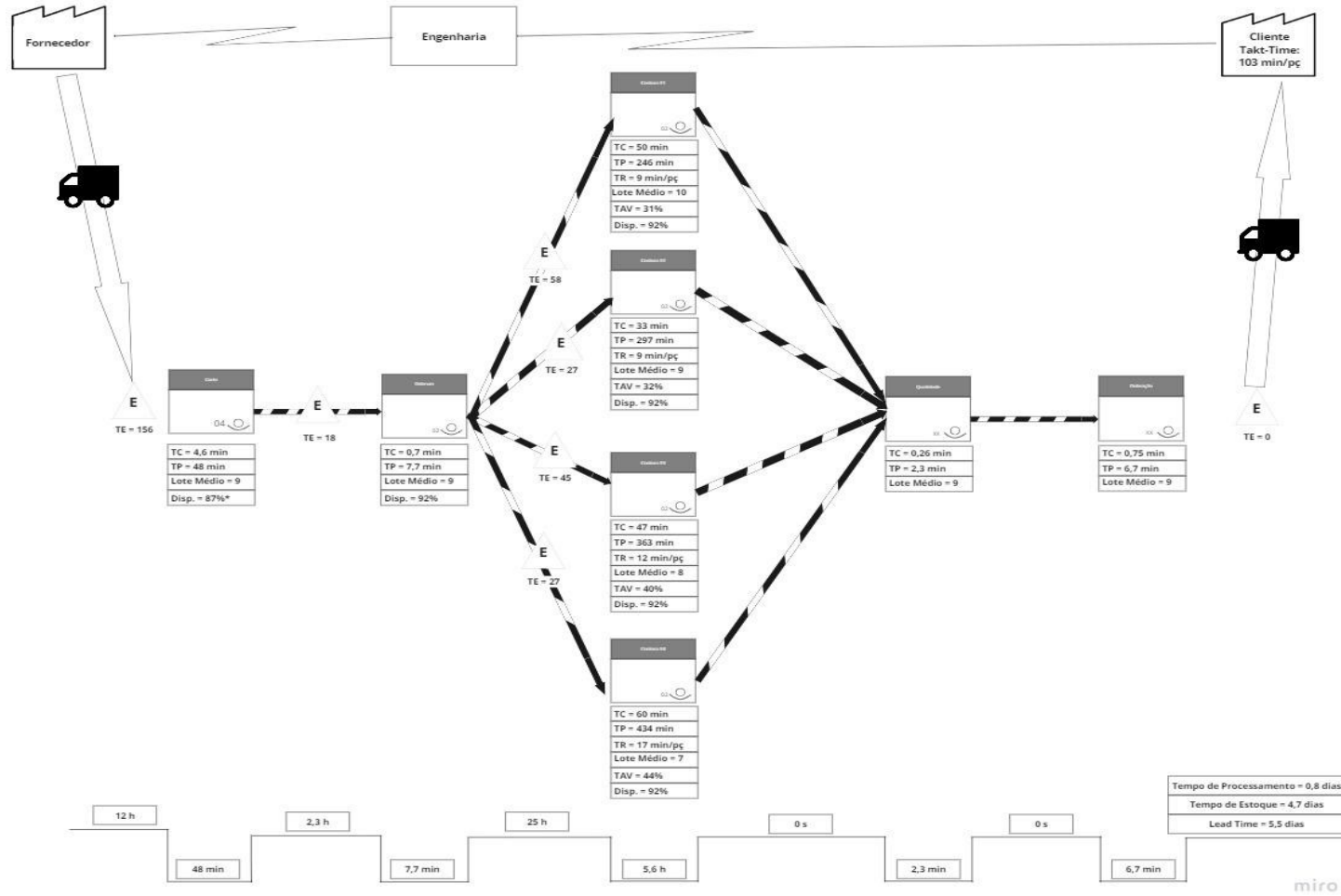
No caso foi utilizada a disponibilidade líquida anual dividida pela produção anual histórica no setor. Já para o cálculo da taxa de agregação de valor (TAV), foi dividido o tempo de operação média de cada complexidade pela porcentagem de atividades que agregam valor, no caso sendo apenas posicionamento de peça e aceleração de máquina. O lote médio configura-se pela média aritmética do montante de cada modelo costurado, o tempo médio de setup (TR) é o tempo médio necessário para fazer o setup de cada peça em todas as estações de trabalho somadas. Por fim, o tempo de operação (TO) configura-se pelo tempo despendido apenas com operações para cada peça em média e o tempo de processamento (TP) é a multiplicação do TO pelo lote médio.

Figura 8. Peças Piloto.



Fonte: O autor (2023).

Figura 9. Peças Foto.



Fonte: O autor (2023).

O intuito foi de realizar o entendimento dos processos de maneira mais holística, ao passo em que eram construídos os mapeamentos de fluxo de valor, ferramenta importante para elucidar os fluxos de material e informação. Para isso, a empresa forneceu dados necessários para as análises, como histórico de produção, estudo de tempos dos processos, disponibilidade e número de operadores.

Os dois mapeamentos englobam o fluxo com um todo do setor de pilotagem, não incluindo assim os fluxos de processos fornecedores como malharia, estamparia e bordado. Além disso, apesar de o mapeamento ser do fluxo como um todo do setor, o foco de estudo foi apenas o que tange os processos de costura, que como podemos ver na Figuras 8 e 9, estes apresentam-se como gargalos.

Importante observar que para o setor de costura, foco do estudo, os produtos se dividem em 4 grupos (C1, C2, C3 e C4), estes apresentam diferenças em termos de tempo de ciclo, tempo de processamento, tempo de setup, tamanho de lote médio e taxa de agregação de valor. Onde o produto de menor complexidade (C1) apresenta menores tempos em geral, porém um tamanho de lote maior, isso acontece pois no caso de peças mais básicas as mesmas acabam sendo produzidas em uma gama maior de cores. Apesar de existir uma certa compensação entre o aumento progressivo de tempos de processamento e a redução do lote médio quando a análise é feita por uma ótica crescente de complexidade, ainda sim os produtos do grupo C4 são os que têm maior tempo de processamento.

Para a coleta de dados, os resultados iniciam-se com o levantamento de informações de estoque, neste caso utilizou-se a contagem de itens em termos de unidades e não em razão do volume ocupado, pois devido ao fato de ter uma grande variação de volume físico dentre o mesmo tipo de estoque isso se tornaria operacionalmente muito custoso. Um exemplo disso é para o estoque de tecido, onde eles poderiam ser armazenados em rolos de 16m, 8m, 4m e pequenos pedaços chamados de “toco”. Sendo assim, seria necessário inspecionar manualmente e individualmente cada rolo de tecido. Dada esta simplificação, foi realizada a contagem dessas quantidades de estoque, que podem ser vistas no Quadro 5.

Quadro 5. Contagem da quantidade de estoque.

Tipo de Estoque	Quantidade
Tecido	286
Fios e Linhas	14

Tipo de Estoque	Quantidade
Tecido	286
Aviamentos	32
Debrum	93
Itens Semi-Acabados	61
Produtos Acabados	18

Fonte: O autor (2023).

Em relação ao arranjo físico atual, utilizou-se como base a planta baixa já existente para o setor, porém foi feito o levantamento de posições de cada máquina assim como sua dimensão específica de modo a saber o real espaço ocupado por cada componente do *layout* atual. A disposição do arranjo físico atual pode ser vista na Figura 10.

Figura 10. Planta baixa de cada setor evidenciando as posições de cada máquina e suas dimensões específicas.



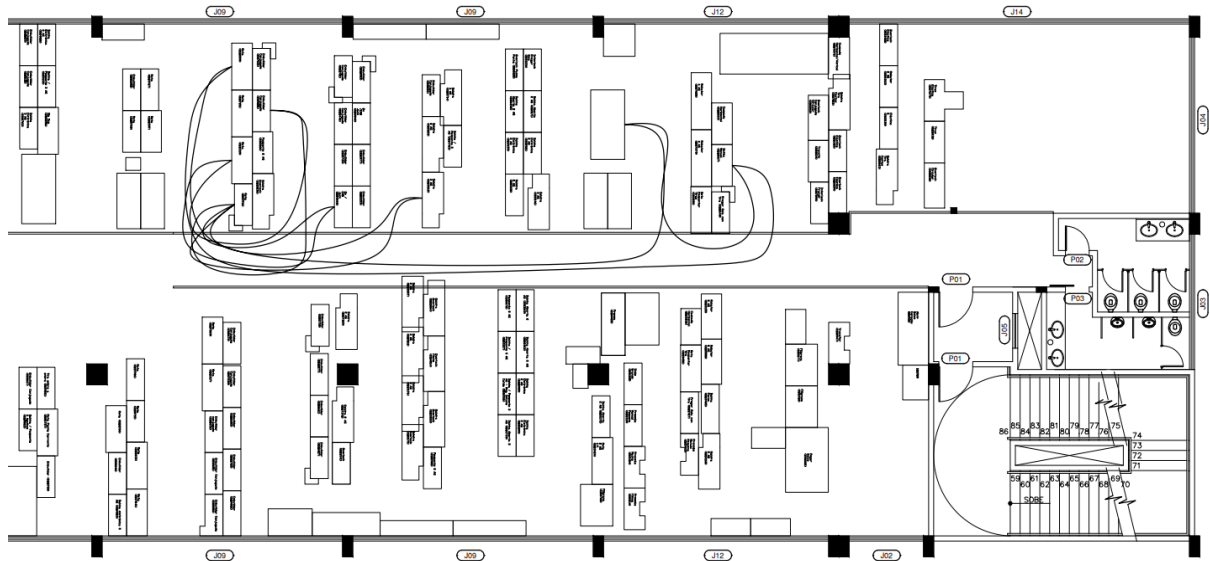
Fonte: O autor (2023).

Analisando o cenário apresentado e em consenso com a equipe de pesquisa, chegou-se a conclusão que o arranjo físico apresentado não estava favorecendo o modelo de produção por diversos aspectos. Primeiramente pois o deslocamento necessário para a produção de cada peça era bastante alto, mas os problemas se mostram mais complexos quando analisados por uma ótica sistêmica, neste caso o difícil controle das metas diárias, a confusa comunicação e suporte das líderes com as piloteiras e o baixo controle de qualidade durante o processo, são fatores que mostram que a mudança de *layout* é necessária por questões que vão além de apenas uma melhoria de utilização do espaço físico, mas sim uma melhoria de processos e uma oportunidade de iniciar uma mentalidade de manufatura enxuta.

Para o levantamento da infraestrutura física que seria necessária, esta se deu de maneira direta devido ao fato de todas as máquinas terem as mesmas necessidades que são eletricidade e ar comprimido. Além disso, pelo fato de ambos serem distribuídos de maneira aérea por meio de calhas, se torna mais fácil realizar extensões até a máquina com o custo baixo, composto apenas pela matéria-prima e a mão de obra do setor de infraestrutura, próprio da empresa.

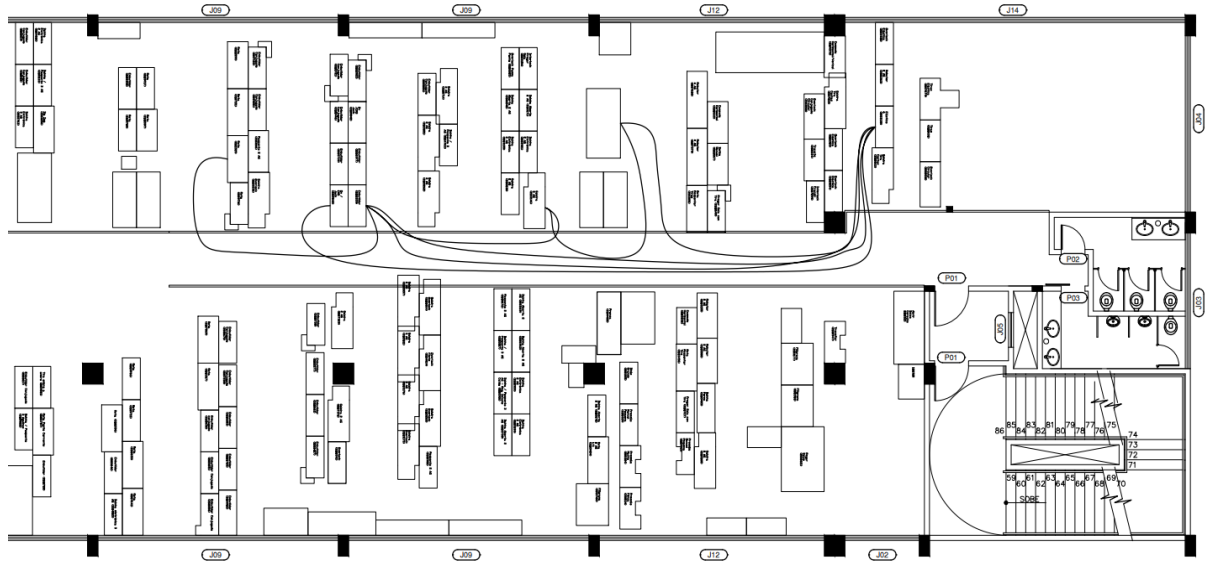
O levantamento sobre os fluxos de informação e materiais, tiveram como base o mapeamento de fluxo de valor realizado anteriormente, porém realizou-se também o levantamento da sequência realizada no arranjo físico para um produto representativo de cada classe de complexidade (C1, C2, C3 e C4) como pode ser visto respectivamente nas Figuras 11, 12, 13 e 14, nelas é possível enxergar o caminho percorrido por cada produto representativo no arranjo físico atual no âmbito dos processos de costura apenas.

Figura 11. Esquema representando a classe de complexidade I.



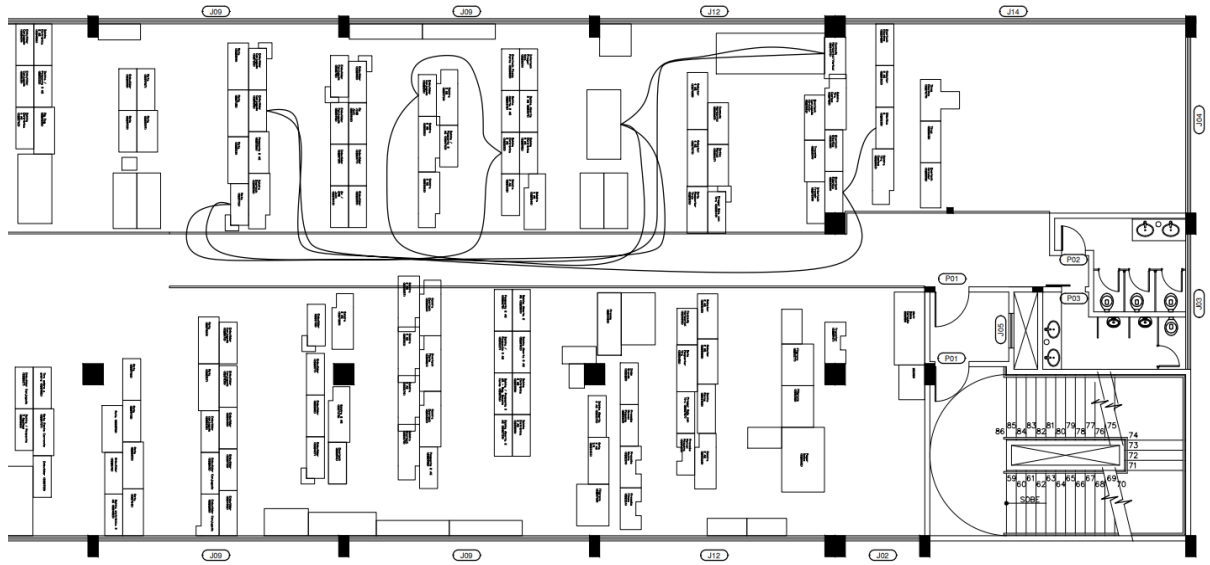
Fonte: O autor (2023).

Figura 12. Esquema representando a classe de complexidade II.



Fonte: O autor (2023).

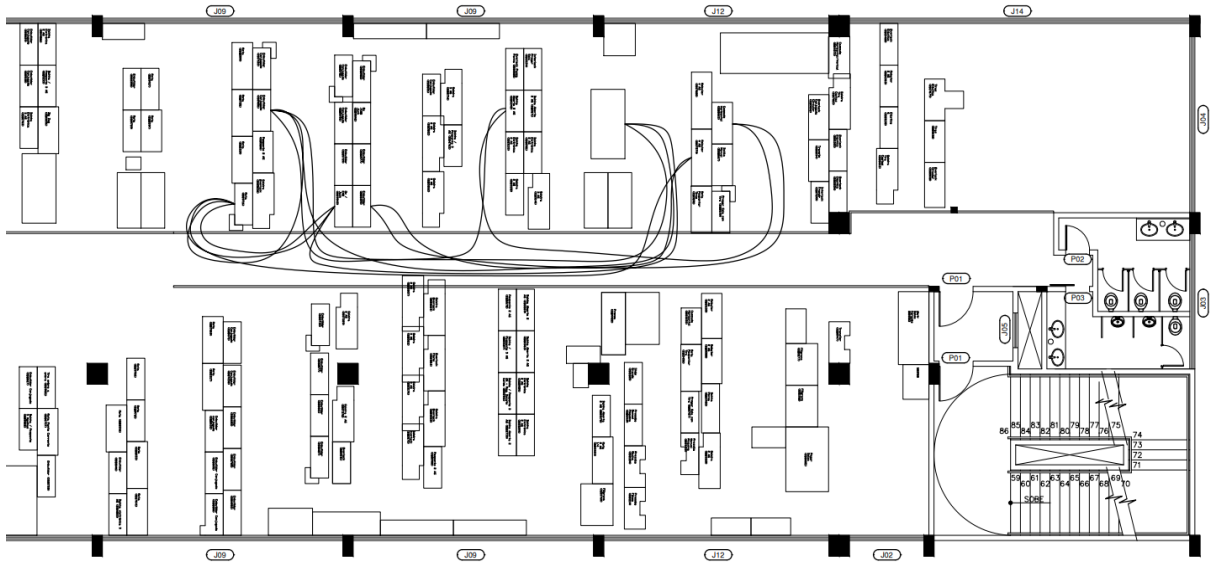
Figura 13. Esquema representando a classe de complexidade III



Fonte: O autor (2023).



Figura 14. Esquema representando a classe de complexidade IV.



Fonte: O autor (2023).

Quando tratado em números, o deslocamento para C1, C2, C3 e C4 foi respectivamente, 99 metros, 97 metros, 111 metros e 157 metros. O aumento de deslocamento quase que progressivo demonstra um fator esperado pelo pesquisador, que a maior complexidade está atrelada também ao uso de um maior número de diferentes máquinas e consequentemente um maior deslocamento pelo arranjo físico.

O levantamento final de dados desta etapa consistiu nas duas bases de dados mencionadas na seção 3.3.2, onde uma melhor análise será apresentada na seção 4.2 de análise de dados.

A análise de dados iniciou-se pela análise dos resultados gerais do mapeamento de fluxo de valor, que são tempo de processamento, tempo de estoque e lead time, estes estão apresentados para cada tipo de produto na Figura 15.

Figura 15. Indicadores do mapeamento do fluxo de valor.

Peças Foto	Peças Piloto
Tempo de Processamento = 394 minutos	Tempo de Processamento = 38 minutos
Tempo de Estoque = 2.312 minutos	Tempo de Estoque = 26 minutos
Lead Time = 2.706 minutos	Lead Time = 64 minutos

Fonte: O autor (2023).

Analisando este comparativo, é possível perceber a grande diferença de tempos de peças foto e peças piloto, isso acontece em partes por peças piloto serem confeccionadas de maneira única, ou seja, independentemente do tamanho do lote de peças foto é confeccionado apenas uma peça piloto. Somado a isso, as peças foto por serem em volume muito maior acabam por ter maiores tempos de espera durante o processo de confecção, aumentando consideravelmente o tempo de estoque de cada produto.

Finalizada a etapa de análises do mapeamento, iniciou-se o levantamento de informações para o terceiro nível do método Fac Plan, como apresentado na seção 2.2.2. Primeiramente coletou-se a relação produtos e volumes por complexidade, que pode ser vista no Quadro 6.

Quadro 6. Informações para o terceiro nível do método Fac Plan.

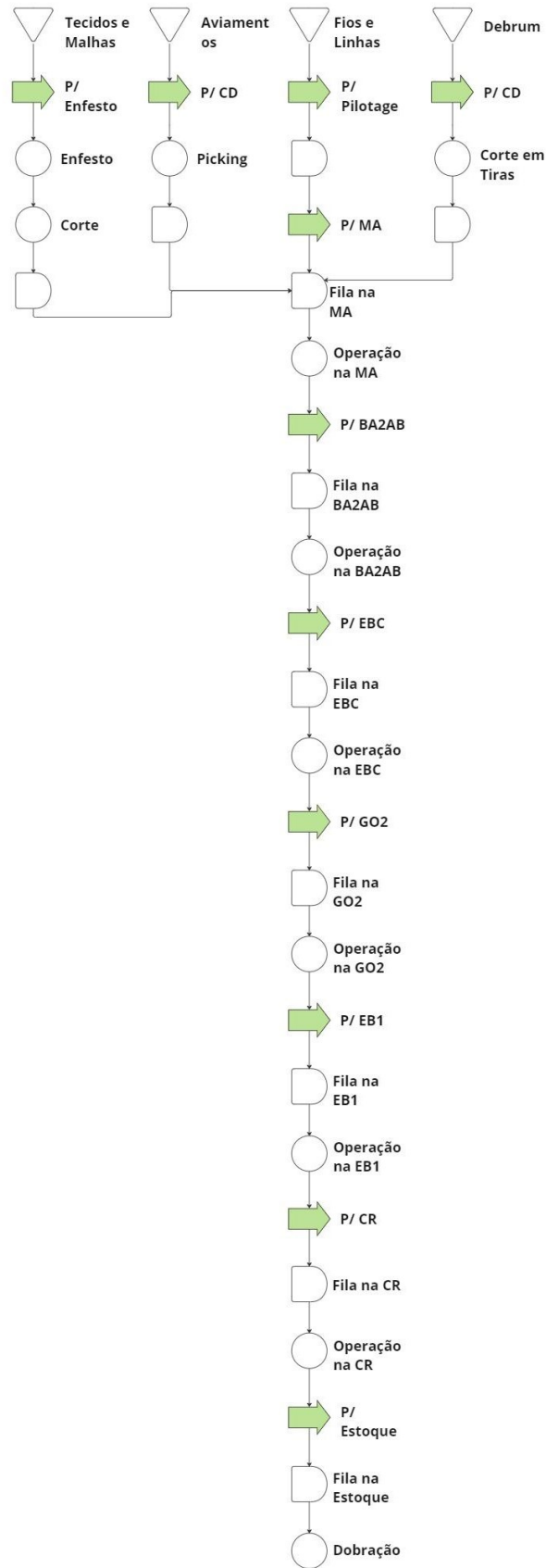
<b>Complexidade</b>	<b>% de Peças Piloto</b>	<b>% de Peças Foto</b>
C1	6%	52%
C2	11%	29%
C3	28%	13%
C4	55%	6%

Fonte: O autor (2023).

Apesar de as peças de maior complexidade apresentarem maior quantidade de peças piloto, em média ao ano são produzidas 2.000 peças piloto e 28.000 peças foto, ou seja, o volume de peças foto acaba governando a utilização de recursos. Analisando o Quadro 6 é possível observar a dominância de produtos das complexidades C1 e C2, que somados atingem o valor de 81% em relação ao número de peças. Sendo assim, a conclusão é de que a grande maioria das peças costuradas no setor são produtos do tipo C1 ou C2, mesmo quando ponderados os volumes em relação aos tempos médios, ainda sim os de classe C1 e C2 apresentam maior consumo de recursos disponíveis.

Para a análise de processos existentes, a equipe de pesquisa desenhou uma carta de processos, para melhor ilustrar o fluxo principal e os fluxos secundários do processo de confecção de uma peça dentro do setor de mostruário pequeno, na Figura 16 é possível visualizar a carta de processos construída.

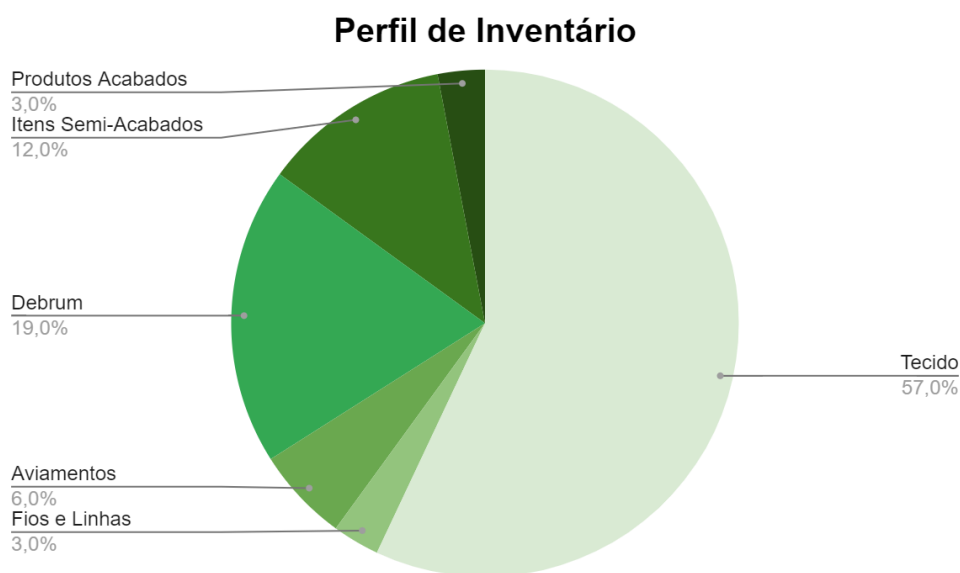
Figura 16. Fluxograma da carta de processos.



Fonte: O autor (2023).

Com as informações coletadas *in loco* do volume de estoque de cada tipo de estoque presente, realizou-se um perfil do inventário que consiste em mostrar onde estão concentrados os maiores volumes, estando apresentado no Gráfico 1.

Gráfico 1. Perfil do inventário.

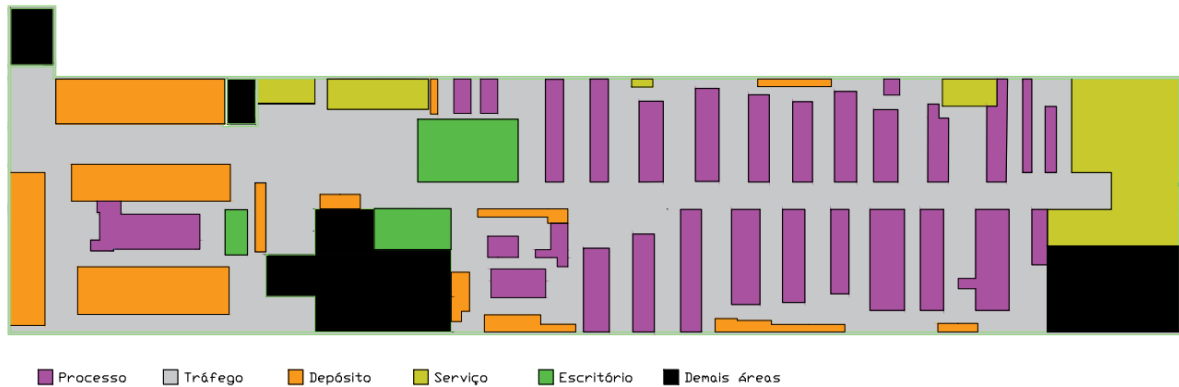


Fonte: O autor (2023)

É possível analisar que majoritariamente o estoque é caracterizado por tecido e debrum, que é o material utilizado para golas e mangas, por exemplo. Dado isso, a conclusão foi que pôr o foco maior do estudo ter sido feito para os processos que envolvem de maneira direta a costura, tanto tecido quanto debrum não se fazem presentes, pois são apenas insumos para confecção das peças, porém não são de responsabilidade direta da parte de processos de costura.

A análise do espaço físico atual aconteceu com base na identificação das macro áreas com base em sua destinação, sendo estas dívidas em cinco grupos conforme o referencial teórico adotado, sendo estas: Depósito, processo, tráfego, serviço e escritório.

Figura 17. Identificação das macro áreas.



Fonte: O autor (2023).

É notável que quando se aborda o setor de corte e centro de distribuição, estes apresentam um montante muito maior de estoque quando comparado ao setor de costura, isso acontece devido a necessidade de armazenamento de malhas e tecidos que por serem armazenados em rolos e por ter grande variedade de tipos de material e cor, acabam por formar grandes estoques.

Na etapa de análise da estratégia da operação, as reuniões realizadas com a gerência operacional e a alta gerência mostraram os principais direcionamentos a serem seguidos, assim como a orientação de direcionar esforços somente para o setor de costura, não abrangendo os outros setores do arranjo físico como Corte e Centro de Distribuição. O fato que governou esse direcionamento foram as análises acerca dos resultados do mapeamento de fluxo de valor, onde foi possível elucidar que o setor de costura realmente é o principal gargalo do setor de pilotagem.

## 4.2 LAYOUT PROPOSTO

Finalizadas as etapas de levantamento de informações e definição da estratégia, iniciou-se de fato a etapa de definição do espaço físico futuro, sendo o primeiro passo a definição das Unidades de Planejamento de Espaço (UPE), para isso utilizou-se do conhecimento tácito da equipe de pesquisa e a interação com principais pontos de contatos da empresa para definir o quais máquinas iriam compor cada UPE. Posteriormente analisou-se as afinidades não associadas ao fluxo, esta análise foi construída durante uma reunião entre a

equipe de pesquisa, com intuito de gerar consenso sobre o grau de afinidade existente entre cada UPE. Abaixo, no Quadro 7 é possível ver o diagrama de relações de cada UPE.

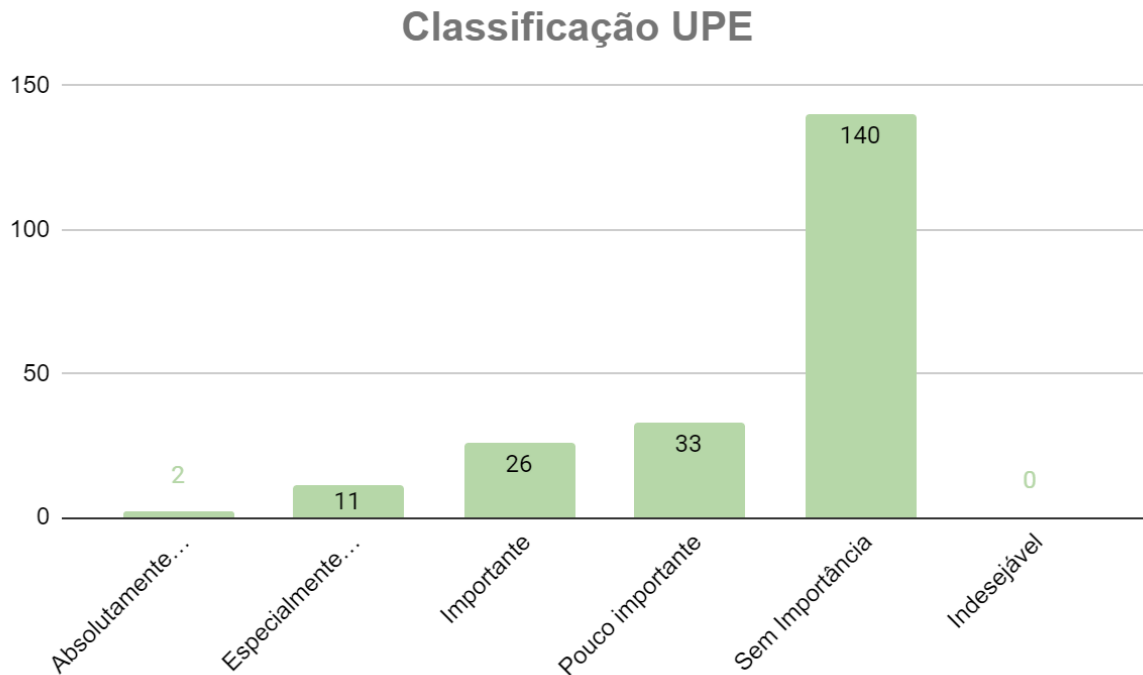
Quadro 7. Diagrama de relações de cada UPE.

ID	Nome da UPE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	BA2AB																						
2	BA2FE	U																					
3	BA3FE	U	U																				
4	BACR	U	U	U																			
5	COP	U	U	U	U																		
6	MA	U	U	O	U	U																	
7	CR	I	O	U	U	O	U																
8	EB	E	I	O	U	I	U	E															
9	EBC	E	I	U	U	I	U	E	E														
10	PREG	U	I	U	U	U	U	U	U	U													
11	GO2	O	U	U	U	I	U	I	I	I	U												
12	GO3	O	U	U	U	I	U	I	I	I	U	O											
13	GOV	O	U	U	U	I	U	I	I	I	U	O	O										
14	OV.e13	U	U	U	U	U	U	O	I	I	U	O	O	U									
15	OV.fr	U	U	U	U	O	U	O	I	I	U	O	O	U	U								
16	OV.EL	U	U	U	U	U	U	O	E	I	U	O	O	U	U	U							
17	OVL.fr	U	U	U	U	U	U	O	I	O	U	O	O	U	U	U	O						
18	PGT	U	U	U	U	U	U	O	E	U	U	U	O	U	U	U	U	U					
19	PREN	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U	O	U	U				
20	GOTI	U	O	U	U	U	U	U	O	O	U	U	U	U	U	U	U	U	U	U			
21	RB2AG	U	U	O	U	U	U	E	A	I	U	O	U	U	U	E	O	U	U	U	U		
22	RB4AG	U	U	O	U	U	U	E	A	I	U	O	U	U	U	E	O	U	U	U	U	U	U

Fonte: O autor (2023).

Dado o quadro de relações de proximidade, executou-se uma análise para entender a distribuição de importâncias apresentadas, que pode ser vista no Gráfico 2.

Gráfico 2. Distribuição de importâncias apresentadas.




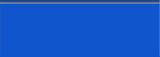
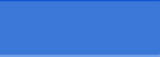



Fonte: O autor (2023).

Para os fluxos absolutamente necessários e especialmente necessários, buscou-se deixá-los o mais próximo possível no arranjo físico proposto, porém um ponto considerado foi a ideia de fluxo dentro da célula, onde apesar dos diversos possíveis fluxos do produto na célula, que ele minimamente siga um fluxo da esquerda para a direita. Assim, combinando as afinidades e a proposta de um fluxo razoavelmente sequencial, montou-se o formato de célula proposto que será melhor apresentado na em seguida.

Para o dimensionamento de maquinário, o objetivo foi de entender quais máquinas deveriam estar presentes na célula de teste, pois devido a grande variedade de possíveis “caminhos” para cada produto. Devido a isso, estabeleceu-se uma análise onde fora realizado o cálculo do percentual de uso de cada máquina, assim como o percentual de tempo utilizado, assim dividiu-se quantidade de vezes que cada máquina foi utilizada pelo total de vezes que todas as máquinas foram utilizadas e o total de tempo de produção em cada máquina pelo total de tempo de produção. Todos estes cálculos utilizaram a mesma base de dados utilizada para a

análise de produtos e volumes. Posteriormente, classificou-se os percentuais entre (A, B, C, D, E e F) sendo A as máquinas de maior frequência de uso e F as de uso mais esporádico, a Figura 18 ilustra esta divisão.

Figura 18. Classificação das frequências de uso das máquinas.

Índice	Faixa	Legenda
A	Maior que 11%	
B	De 6% até 11%	
C	De 3% até 6%	
D	De 1% até 3%	
E	De 0,01% até <1%	
F	Menor que 0,01%	

Fonte: O autor (2023).

Compreendido o procedimento de classificação, é possível analisar a de forma macro o perfil de uso de cada máquina no Quadro 8. Importante salientar que a análise foi separada entre complexidade de cada produto (C1, C2, C3 e C4), por ser necessário entender se seria preciso fazer grupos diferentes de máquinas para atender os diferentes tipos de complexidade.

Com base em todas as informações apresentadas até então, a equipe de pesquisa deu o passo seguinte em direção ao desenho da primitiva de espaço, depois de um trabalho em conjunto e analisando os aspectos estudados, chegou-se à conclusão que o *layout* ideal seria a configuração apresentada na Figura 19.



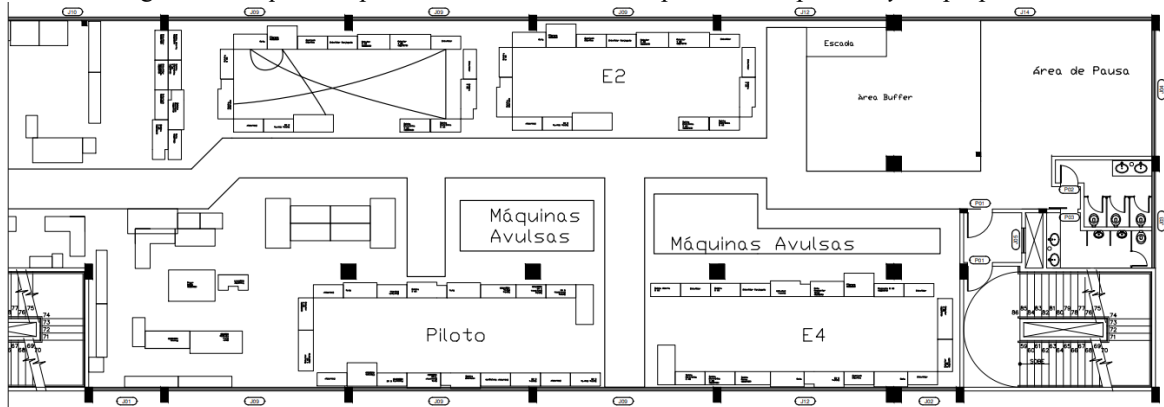
Quadro 8. Perfil de uso de cada máquina.

Grupo	Máquina	Complexidade			
		C1	C2	C3	C4
1	ABAA	F	F	F	F
3	BA2.1ab/BA2.2b/BA3.ab	B	C	C	D
4	BA2.fe	B	C	D	E
5	BA2.preg	F	F	F	F
6	BA3.2ab	E	E	D	D
7	BA3.2fe	E	E	E	E
8	BACK	E	E	E	D
9	BTA	F	F	E	E
10	BTM	E	E	E	D
11	CA.horiz	E	E	E	E
12	CA.vert	E	E	E	E
13	COEL.3/COEL.10/COEL.20/COEL.6	E	E	E	D
14	COEL.cir3	F	F	F	F
15	COP1/COP1.tech/COP1.tira/COP2/COP2.a/COP3/COP3.2/C	D	D	D	C
16	COP2.jun	F	F	F	F
17	COP3.2pre	F	F	F	F
18	CQA/CQM/CQP/POX.1/POX.1.5/POX.2/POX.2.5/MA/MA.mi	A	A	A	B
19	CR/CR.sp/CR.fr/CR.ga/CR.pt/CR.zip	B	A	A	A
20	CR.elec	F	F	F	F
21	CR.pcor	F	F	E	E
22	CRPT	D	E	E	D
23	EB	A	B	B	C
24	FR	D	D	D	C
30	OVI	F	F	F	F
31	OVI.fec	F	F	F	F
32	OVI.fr	F	F	E	D
33	OVI.fuji	F	F	F	E
34	OVI.pgt	F	F	F	F
35	FB.1/FB.m	E	E	E	E
36	FAT	D	D	D	E
37	FP3	F	F	F	F
38	FP8	F	F	F	F
39	FRN	E	E	E	D
40	FRN.inv	F	F	F	F
41	FAT.omb	F	F	F	F
42	PSF	E	F	E	E
43	PSF.chap	F	F	F	F
44	PSIL.nutg	F	F	F	F
45	PSIL.nutp	F	F	F	F
46	PSIL.mapeq	F	F	F	F
47	PSIL.mape	F	F	F	F
48	PSM	E	F	E	E
49	PSM.chap	F	F	F	F
70	RB15.3/RB20.1/RB20.2/RB30.1/RB30.2/RB30.3/RB40.1/RB	D	D	D	D
71	RB2.est	F	F	F	F
72	RECO.2010	D	E	E	E
73	RECC.gul	F	F	F	F
74	TL2/TL.est	E	E	E	E

Fonte: O autor (2023).

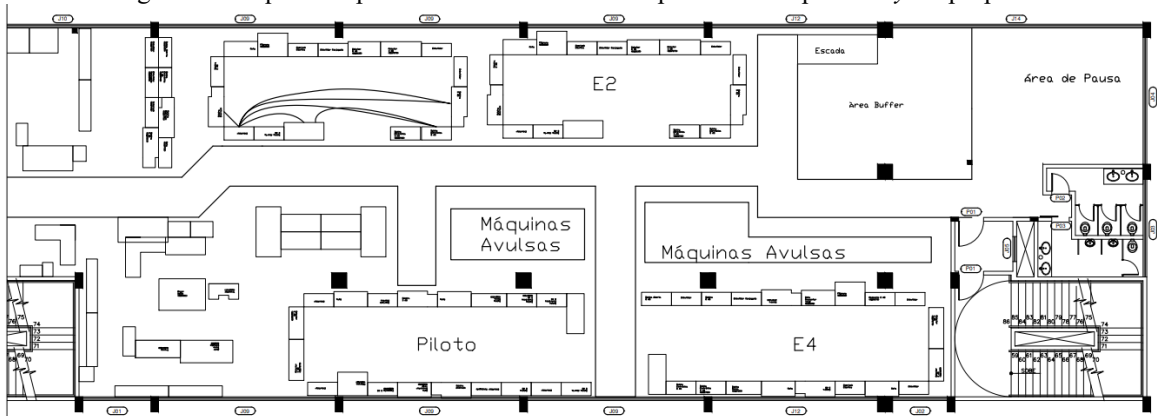


Figura 21. Esquema representando a classe de complexidade II para o *layout* proposto.



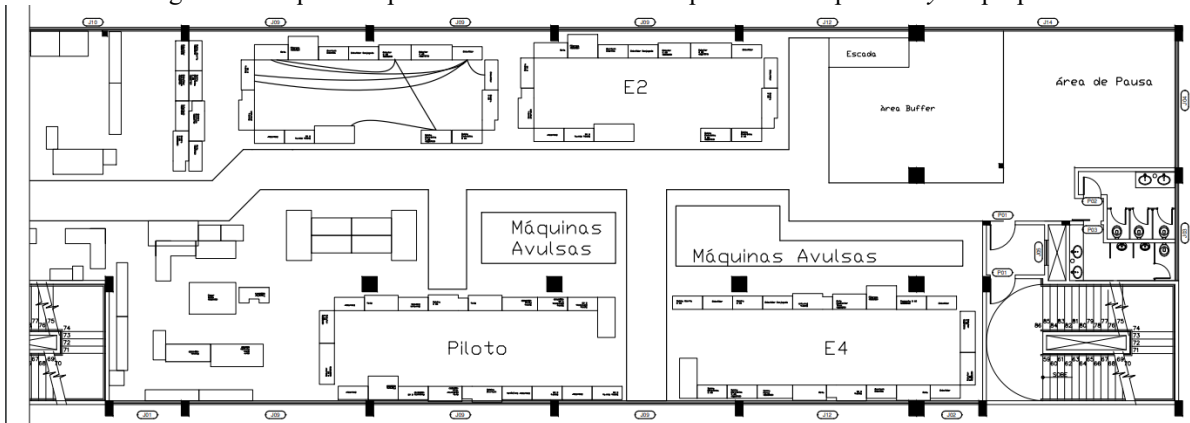
Fonte: O autor (2023).

Figura 22. Esquema representando a classe de complexidade III para o *layout* proposto.



Fonte: O autor (2023).

Figura 23. Esquema representando a classe de complexidade IV para o *layout* proposto.



Fonte: O autor (2023).

Para os casos acima a movimentação correspondeu respectivamente a 32 metros, 39 metros, 41 metros e 46 metros, com isso é possível perceber uma redução significativa na

movimentação, traduzindo isso em números cada redução respectiva foi de 67%, 60%, 63% e 70%.

Para a sequência da análise de dados, levantou-se dados importantes para o estudo de simulação, começando pelo tempo médio de setup que foi adotado como uma distribuição de probabilidade uniforme de 1:25 minuto a 3:25 minutos para a maioria das máquinas, com exceção da MA, EB1 e EB2 que não apresentam necessidade de setup de fios e linhas, nesse caso fora adotado um setup de 10 segundos a 15 segundos com também uma distribuição de probabilidade uniforme. Outro índice importante foi a disponibilidade efetiva das máquinas, ou seja, o índice de falha que ficou em uma média de 95% para as operações que não apresentam setup de fios e linhas (MA, EB1 e EB2), e 85% para as estações que têm setup. Isso foi adotado devido aos dados demonstrarem maior quantidade de paradas por problemas nesse perfil de máquina e presencialmente foi possível validar esta informação, mostrando que muitas das paradas acontecem devido a setups mal executados, por exemplo, uma das linhas estar demasiadamente esticada e no momento em que ocorria a aceleração de máquina esta linha estourava e o processo de setup precisava ser realizado novamente.

### 4.3 ANÁLISE DO *LAYOUT* PROPOSTO

A análise do *layout* proposto acontecerá sob duas diferentes perspectivas, primeiramente serão abordados os resultados do teste piloto que aconteceu na célula piloto, este que buscou ser a primeira experiência do novo formato de produção em um *layout* celular e gerar um embasamento para os próximos passos da pesquisa. A segunda face da análise do arranjo físico proposto se deu com base na modelagem e simulação da mesma célula piloto utilizada para o teste piloto, porém com um intuito de agregar ao estudo um maior número de indicadores e assim suportar a tomada de decisão da gerência estratégica da empresa.

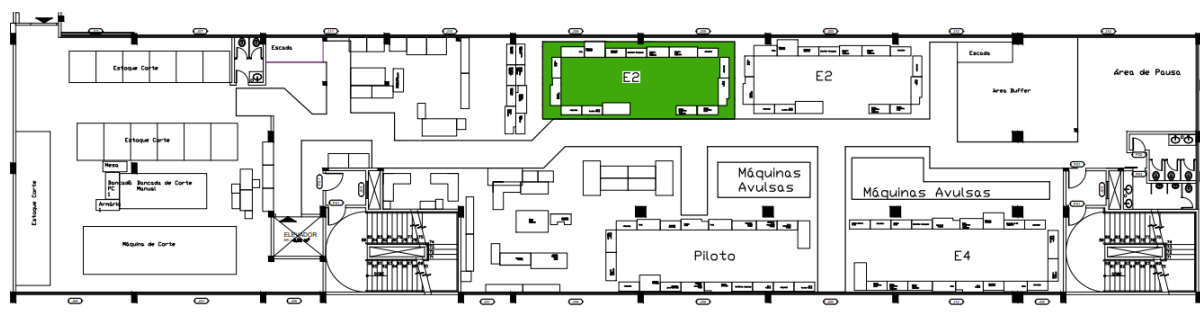
#### 4.3.1 Teste piloto

O teste piloto e suas atividades relacionadas tiveram início na etapa de *workshop* sobre os conceitos fundamentais do *Lean Manufacturing*, que englobou a sensibilização e conscientização dos envolvidos no projeto por meio de um *workshop*. O objetivo foi de elucidar

os potenciais de melhoria possível de ser atingido com o novo modelo para que os envolvidos tivessem ação construtora ao estudo e não apenas executora. O *workshop* abordou os principais conceitos da filosofia de *Lean Manufacturing*, como fluxo contínuo, gestão visual, sequenciamento, *takt-time*, trabalho padronizado e os principais formatos de *layout* possíveis.

Para o projeto de instalação da célula piloto, primeiramente definiu-se que esta seria uma das células definidas para os produtos de complexidade C1 e C2, sendo assim, os 81% do volume como disposto no Quadro 6. Com o intuito de gerar a menor movimentação de máquinas possível, assim como alterações de infraestrutura, definiu-se a célula em destaque apresentada na Figura 24.

Figura 24. Representação da célula de teste piloto.



Fonte: O autor (2023).

O objetivo foi dar maior agilidade à etapa de testes para que fosse possível passar por todas as etapas do plano dentro das cinco semanas disponíveis. Ao todo a célula piloto apresenta 16 máquinas sendo duas repetidas que são o EB1 e EB2, as mesmas não apresentando necessidade de setup pois no caso do EB1 ele está configurado na cor preta sem necessidade de alteração, já o EB2 é configurado na cor branco também sem necessidade de alteração. Isto acaba por reduzir tempos de setup desnecessários pois o Embutidor (EB) faz as costuras internas da roupa, não aparecendo assim no visual da roupa.

O acompanhamento do teste piloto se deu realmente com a ideia de *debugging*, onde o intuito é que os planejadores do projeto estejam presentes durante os testes para ajudar e suportar os colaboradores para possíveis problemas e dúvidas que surjam durante a implementação. Neste caso, o pesquisador e mais um membro da equipe de pesquisa estiveram acompanhando o teste do início ao fim. As principais dúvidas que apareceram estavam dentro do esperado pela equipe, que eram dúvidas das piloteiras sobre o que fazer depois de terminar uma operação para que fosse possível manter o fluxo contínuo, por isso a presença dos dois

membros durante o teste se mostrou fundamental para que fosse possível gerar resultados mais alinhados com as expectativas de melhoria.

Na etapa de análise dos resultados dos testes, buscou-se validar se tinha sido possível ou não ter melhorias em relação ao estado atual. Para isso foram utilizados os indicadores chave do estudo definidos na seção 3.3.3.1 para essa análise comparativa. O comparativo de resultados pode ser visto no Quadro 9.

Quadro 9. Comparativo de resultados.

	Cenário Atual	Cenário Testado
Produção	15	22
Peças Retrabalhadas	4	4
% de Retrabalho	27%	17%
Tempo de Espera para Suporte	15 min	6 min

Fonte: O autor (2023).

Com base nesses resultados foi possível chegar à conclusão de que o formato testado apresenta potencial de gerar resultados melhores do que os gerados pelo formato atual. Contudo, devido ao baixo número de indicadores chave de resultado foi considerado como importante para o projeto uma análise de simulação computacional para gerar um maior número de indicadores e também conseguir uma análise de forma mais ampla em relação aos testes, de modo a testar diferentes variedades de produtos, o que seria muito custoso de se fazer fisicamente.

A avaliação dos resultados iniciou com a coleta de *feedbacks* em relação ao teste piloto, estes que foram bastante positivos assim como os resultados quantitativos de melhoria. Um dos pontos mais elencados pelos participantes foi a questão do controle de qualidade e a redução de retrabalho, outro ponto importante foi a melhor distribuição das entregas dos modelos para as líderes, estas que precisam fazer a revisão final, haja vista que eles são entregues ao longo do dia e não todos ao fim do dia como acontecia no modelo encontrado antes do teste. Além disso, a redução de deslocamento e a maior proximidade entre as piloteiras facilitou a rotina delas quanto a regulagem de máquinas, também foi positivo o fato de ter menos modelos sendo produzidos simultaneamente, facilitando assim o suporte prestado pela líder quanto a dúvidas

e possíveis problemas encontrados na peça. Porém não existem somente pontos positivos e quanto aos construtivos o que se apresentou de maneira mais clara foi a questão de cultura de compartilhamento da responsabilidade, onde por não ser cada piloteira com a sua peça, quando acontece um erro é um erro compartilhado.

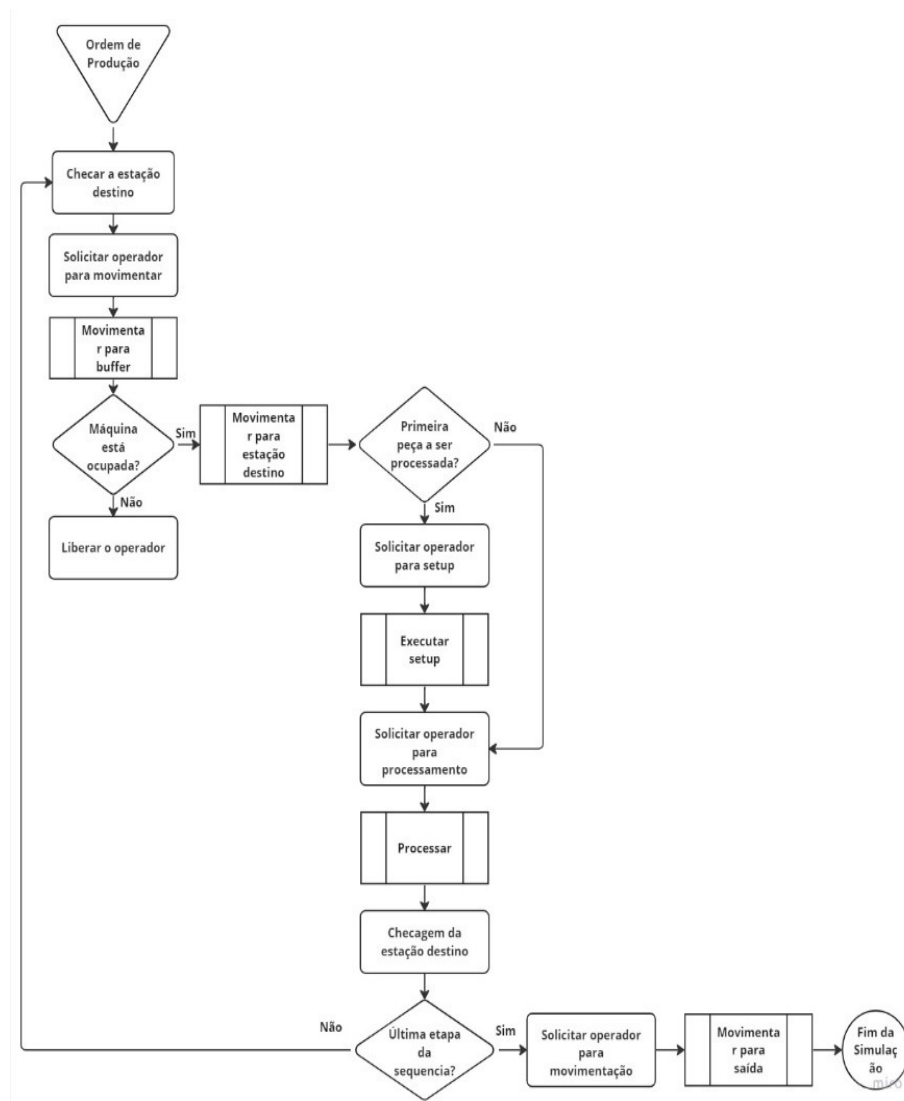
#### **4.3.2 Simulação**

Dada a análise do teste que se mostrou positiva, entendeu-se que um estudo de simulação seria ainda mais agregador para o projeto em termos de suporte à tomada de decisão, gerar mais credibilidade sobre o estudo e maior número de indicadores. Para a etapa de modelagem e simulação, esta dividiu-se em seis micro etapas como está disposto no plano de implementação apresentado na seção 3.3.3.

A primeira etapa foi a definição de objetivos, momento em que foi feita a definição das questões que o modelo buscaria responder dado o problema formulado, em que neste caso ficou estabelecido o norte do projeto de buscar gerar maior segurança na tomada de decisão pelos gestores assim como maior credibilidade ao estudo realizado.

Para a etapa de construção do modelo conceitual, buscou-se representar de maneira simplificada e abstrata do sistema estudado de forma a descrever os principais componentes, propriedades e interações. O modelo capturou as características essenciais do sistema, simplificando a realidade para análise e experimentação, o mesmo está apresentado na Figura 25.

Figura 25. Fluxo da peça no sistema.



Fonte: O autor (2023).

Em seguida, na etapa de coleta de dados, foram levantados os dados que seriam necessários para o estudo de simulação e os mesmos foram extraídos do banco de dados da empresa.

O primeiro passo desta etapa foi o de tratamento dos dados, onde a primeira ação foi a remoção de *outliers*, neste caso apareceram possíveis erros de coleta julgados pelo pesquisador como inconsistentes com base em seu conhecimento acerca dos processos. Por isso, para trazer maior consistência ao estudo de simulação, removeu-se estes dados

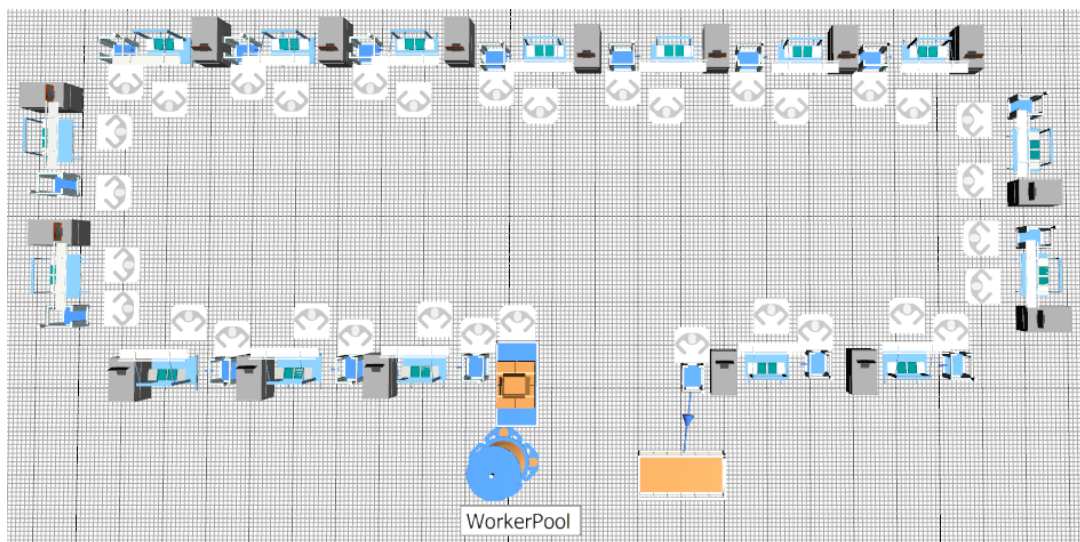


discrepantes em relação ao tempo médio de cada procedimento, para assim ser possível realizar as demais etapas com maior nível de consistência e não impactar na credibilidade do estudo.

Posteriormente foi realizada a identificação da distribuição de dados, onde fora utilizado a ferramenta DataFit fornecida pelo software Tecnomatix Plant Simulation, nela foi inserido os dados tratados e a própria ferramenta faz a sobreposição entre os dados reais e a distribuição de probabilidade teórica. No caso em questão, devido ao fato de os dados terem bastante dispersão, buscou-se alinhar as possíveis distribuições de probabilidade teórica aos dados fornecidos de forma visual, com intuito de reconhecer a função que melhor representa os dados inseridos. O comparativo entre a distribuição dos dados e a distribuição de probabilidade podem ser vistos no Anexo 1.

O passo seguinte foi a tradução do modelo, onde colocou-se o modelo em questão em um formato que o computador fosse capaz de reconhecer, nesse caso utilizou-se a ferramenta Tecnomatix Plant Simulation, fornecida pela Siemens, onde modelou-se o cenário em questão de forma a reproduzir de maneira condizente a realidade do sistema estudado. A Figura 26 ilustra o modelo definido na ferramenta, este será melhor explicado na sequência.

Figura 26. Tradução do modelo feito pela ferramenta Tecnomatix Plant Simulation.



Fonte: O autor (2023).

Como apresentado na Figura 26, a célula simulada continha 16 máquinas e 16 *buffers*, onde cada máquina tinha seu buffer para que o operador não precisasse esperar a liberação da máquina seguinte para terminar sua respectiva atividade, deixando assim a simulação mais

alinhada com a realidade encontrada. Outro ponto presente é a definição de um buffer final, onde eram colocados cada um dos produtos acabados e estes eram movidos para o elemento que retirava o produto acabado do sistema. Na simulação também existia o elemento para criação dos produtos, onde este era caracterizado como a posição zero no sistema, e a cada estação que esse produto passava era somado ao valor um devido ao seu controle de saída apresentado no Anexo 2, fazendo com que o sistema conseguisse saber a posição que o produto estava e saber qual seria a estação seguinte que este deveria ser direcionado. Para saber a sequência que cada produto precisaria passar e assim direcionar para a estação seguinte, usou-se uma tabela com a sequência de operações, um exemplo desta tabela está apresentado no Quadro 10.

Quadro 10. Exemplo de quadro com sequência de operações.

Produto A	Produto B	Produto C	Produto D
BMA	BEB1/BEB2	BMA	BGOTI
MA	EB1/EB2	MA	GOTI
BBA2AB	BBA2FE	BEB1/BEB2	BEB1/BEB2
BA2AB	BA2FE	EB1/EB2	EB1/EB2
BEBC	BCR	BGO3	BGO2
EBC	CR	GO3	GO2
BGO2	BFILI	BEB1/BEB2	BEB1/BEB2
GO2	FILI	EB1/EB2	EB1/EB2
BEB1/BEB2	Estoque	BGOV	BCR
EB1/EB2		GOV	CR
BCR		BBA2FE	BRB2AG
CR		BA2FE	RB2AG
Estoque		Estoque	BBA3FE
			BA3FE
			Estoque

Fonte: O autor (2023).

Outro ponto importante modelado, foi a definição de um controle para o processo de importação dos operadores, este trabalhava em conjunto com o controle de saída, mas este usava

a informação de posição registrada no objeto que estava sendo produzido e importava um operador para fazer a operação, que poderia ser transporte, setup ou processamento. O código deste controle está presente no Anexo 2. Por fim, foi modelado um controle entre buffer e sua respectiva máquina, onde este esperava até que a sua estação alvo estivesse vazia para chamar um operador para realizar a movimentação, este código pode ser visto também no Anexo 2.

Por fim, para a verificação e validação quanto ao sistema modelado representar com acurácia o modelo conceitual, realizou-se uma análise crítica com intuito de justamente entender essa relação entre o caso prático e o modelo computacional. Esta análise foi baseada em dois aspectos, o primeiro sendo a análise qualitativa acerca do modelo, onde com base nos recursos gráficos de animação presentes na ferramenta de simulação foi possível analisar o comportamento do sistema e validar que o funcionamento estava condizente com a realidade prática do problema modelado. O segundo aspecto de análise foi o comparativo do tempo total do teste piloto com o tempo total da simulação, nesse caso foi considerado o tempo entre a primeira das 34 peças começar a ser produzida e a última das 34 peças estar finalizada, sendo a diferença de 2 horas e 46 minutos para simulação computacional e 3 horas e 3 minutos para o teste piloto, sendo o teste piloto 10% mais demorado que o tempo médio dos experimentos de simulação. Esta diferença pode ser entendida como um valor razoável devido ao fato de o teste piloto conter pequenas paradas, pequenos deslocamentos, algumas dispersões por parte das piloteiras, entre outros aspectos que não estão simulados por ir a um nível de detalhes muito específico e que demandaria um grande esforço para modelagem e ao mesmo tempo um baixo impacto no resultado final. Sendo assim, dado como verificado e validado o modelo, o passo seguinte foi a análise comparativa e extrapolação dos resultados.

Na etapa de avaliação dos resultados e análise comparativa com o teste físico, foi realizado o comparativo dos seguintes indicadores: Tempo total de rodagem, produção total e tempo médio por peça.

Desta forma, com esses indicadores relativamente próximos, é possível afirmar que o modelo simulado representa a realidade. Além disso, é possível também extrapolar os resultados e dizer que os demais dados providos pela simulação computacional podem ser assumidos como parte da realidade e com isso serem encarados como dados incrementais aos que foram possíveis coletar durante os testes físicos.

Os resultados obtidos da simulação foram gerados usando a ferramenta Statistic Report do software Tecnomatix Plant Simulation. A primeira avaliação foi feita com base no *overview*

gerado pela ferramenta, onde é possível ver da esquerda para direita, o nome do produto, o tempo para produzir o lote, a quantidade presente no lote, a taxa de saída por hora, porcentagem de tempo produzindo, porcentagem de tempo em transporte, porcentagem de tempo em estoque e porcentagem de valor agregado, que engloba apenas a porcentagem de tempo de operação. Sobre o nome dado a cada produto, foi seguida a seguinte regra, a primeira letra representa o modelo e a segunda letra uma variação de cor, então para o modelo A, por exemplo, existem três cores diferentes que conseqüentemente geram necessidade de setup a cada troca de cor.

Figura 27. Resultados obtidos através da simulação.

Simulation time:2:46:23.2202

Object	Name	Mean Life Time	Throughput	TPH	Production	Transport	Storage	Value added	Portion
Shipping	AA	19:12.0594	3	1	51.05%	8.85%	40.10%	31.05%	
Shipping	AB	31:47.5521	2	1	40.99%	3.96%	55.05%	21.09%	
Shipping	AC	41:19.8711	2	1	39.70%	3.82%	56.49%	17.38%	
Shipping	BA	25:24.0149	4	1	32.54%	4.91%	62.56%	14.24%	
Shipping	BB	37:05.0339	1	0	39.04%	10.89%	50.07%	15.57%	
Shipping	CA	35:04.3333	3	1	34.30%	4.42%	61.28%	18.44%	
Shipping	CB	41:12.8449	2	1	44.08%	9.03%	46.89%	19.07%	
Shipping	CC	46:03.0113	1	0	39.81%	1.74%	58.46%	13.69%	
Shipping	CD	50:29.1487	1	0	51.20%	1.44%	47.35%	23.77%	
Shipping	DA	57:11.9582	3	1	30.17%	1.96%	67.87%	12.70%	
Shipping	DB	59:23.2355	2	1	29.24%	3.62%	67.14%	11.89%	
Shipping	DC	1:06:38.3515	2	1	27.99%	1.49%	70.52%	14.46%	
Shipping	DD	1:16:35.9120	2	1	30.45%	10.57%	58.98%	14.08%	
Shipping	DE	1:21:33.9788	2	1	27.03%	9.94%	63.04%	9.77%	
Shipping	DF	1:06:36.9473	2	1	36.66%	6.26%	57.08%	11.75%	
Shipping	DG	1:19:58.6425	2	1	24.58%	13.14%	62.28%	12.67%	

Cumulated Statistics of the Parts which the Drain Deleted

Fonte: O autor (2023)

Observando os valores gerados, estes mostram que apesar de consideráveis porcentagem de tempos de estoque ao final do processo, entende-se que são valores melhores do que os encontrados ao início da pesquisa, que em média eram de 60%. Porém para o tempo de produção, este variava entre quatro a cinco horas e no presente estudo foi possível atingir o valor de duas horas e quarenta e seis minutos, fazendo com que quantitativamente esta seja uma melhoria significativa.

Dada esta análise de um espectro mais amplo em relação ao sistema modelado, partiu-se para a avaliação dos resultados de maneira mais destrinchada, começando por destrinchar as porcentagens apresentadas de produção, transporte e estoque.

Quadro 3. Dados referentes a porcentagem de produção, transporte e estoque.

Shipping	Production							Transport							Storage						
	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	Sum	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	Sum	Working	Set-up	Waiting	Stopped	Failed	Paused	Sum
AA	31.05%	17.82%	0.29%	0.00%	1.89%	0.00%	51.05%	4.35%	0.00%	4.50%	0.00%	0.00%	0.00%	8.85%	0.00%	0.00%	40.10%	0.00%	0.00%	0.00%	40.10%
AB	21.09%	18.54%	0.24%	0.00%	1.12%	0.00%	40.99%	2.70%	0.00%	1.26%	0.00%	0.00%	0.00%	3.96%	0.00%	0.00%	55.05%	0.00%	0.00%	0.00%	55.05%
AC	17.38%	15.70%	3.91%	0.00%	2.70%	0.00%	39.70%	2.06%	0.00%	1.75%	0.00%	0.00%	0.00%	3.82%	0.00%	0.00%	56.49%	0.00%	0.00%	0.00%	56.49%
BA	14.24%	10.39%	5.47%	0.00%	2.44%	0.00%	32.54%	2.50%	0.00%	2.40%	0.00%	0.00%	0.00%	4.91%	0.00%	0.00%	62.56%	0.00%	0.00%	0.00%	62.56%
BB	15.57%	18.41%	5.06%	0.00%	0.00%	0.00%	39.04%	1.65%	0.00%	9.25%	0.00%	0.00%	0.00%	10.89%	0.00%	0.00%	50.07%	0.00%	0.00%	0.00%	50.07%
CA	18.44%	8.22%	7.64%	0.00%	0.00%	0.00%	34.30%	2.27%	0.00%	2.15%	0.00%	0.00%	0.00%	4.42%	0.00%	0.00%	61.28%	0.00%	0.00%	0.00%	61.28%
CB	19.07%	10.32%	4.90%	0.00%	9.79%	0.00%	44.08%	1.72%	0.00%	7.31%	0.00%	0.00%	0.00%	9.03%	0.00%	0.00%	46.89%	0.00%	0.00%	0.00%	46.89%
CC	13.69%	15.30%	10.82%	0.00%	0.00%	0.00%	39.81%	1.74%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.74%	0.00%	0.00%	58.46%	0.00%	0.00%	0.00%	58.46%
CD	23.77%	15.26%	5.31%	0.00%	6.85%	0.00%	51.20%	1.44%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.44%	0.00%	0.00%	47.35%	0.00%	0.00%	0.00%	47.35%
DA	12.70%	9.55%	5.63%	0.00%	2.29%	0.00%	30.17%	1.87%	0.00%	0.08%	0.00%	0.00%	0.00%	1.96%	0.00%	0.00%	67.87%	0.00%	0.00%	0.00%	67.87%
DB	11.89%	10.20%	5.71%	0.00%	1.44%	0.00%	29.24%	1.80%	0.00%	1.82%	0.00%	0.00%	0.00%	3.62%	0.00%	0.00%	67.14%	0.00%	0.00%	0.00%	67.14%
DC	14.46%	7.62%	3.11%	0.00%	2.80%	0.00%	27.99%	1.49%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	1.49%	0.00%	0.00%	70.52%	0.00%	0.00%	0.00%	70.52%
DD	14.08%	8.46%	5.06%	0.00%	2.85%	0.00%	30.45%	1.24%	0.00%	9.33%	0.00%	0.00%	0.00%	10.57%	0.00%	0.00%	58.98%	0.00%	0.00%	0.00%	58.98%
DE	9.77%	13.03%	3.55%	0.00%	0.68%	0.00%	27.03%	1.16%	0.00%	8.77%	0.00%	0.00%	0.00%	9.94%	0.00%	0.00%	63.04%	0.00%	0.00%	0.00%	63.04%
DF	11.75%	18.92%	3.98%	0.00%	2.01%	0.00%	36.66%	1.58%	0.00%	4.68%	0.00%	0.00%	0.00%	6.26%	0.00%	0.00%	57.08%	0.00%	0.00%	0.00%	57.08%
DG	12.67%	6.91%	5.01%	0.00%	0.00%	0.00%	24.58%	1.27%	0.00%	11.86%	0.00%	0.00%	0.00%	13.14%	0.00%	0.00%	62.28%	0.00%	0.00%	0.00%	62.28%

Detailed Statistics of the Part Types which the Drain Deleted

Fonte: O autor (2023).

Iniciando a análise pela coluna de porcentagens de produção, é notável que as porcentagens de tempos de setup são relativamente altas quando comparadas a outros setores, porém dado que o volume de modelos produzidos para cada setup variou de uma a cinco peças, estes valores são entendidos como aceitáveis e inerentes ao processo. Para as porcentagens de tempo de transporte, estas são entendidas como um ponto em que é coerente, porém apresentada um potencial de melhoria na modelagem do sistema, visto que os testes reais apresentaram porcentagens totais de movimentação média de 4,6%.

Dando sequência às análises, levantou-se os dados referentes à porcentagem dos tempos de trabalho, que podem ser vistos no Quadro 12.

Quadro 42. Dados referentes à percentagem dos tempos de trabalho.

Object	Portion	Count	Sum	Mean Value	Standard Deviation
Source	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
Shipping	0.00%	34	0.0000	0.0000	0.0000
BMA	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
MA	3.31%	14	5:30.1054	23.5790	6.3862
BAZAB	5.54%	7	9:13.1639	1:19.0234	13.5937
BBAZAB	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
EB1	27.23%	29	45:18.0500	1:33.7259	59.5722
BEB1	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
BGOV	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
GOV	2.90%	7	4:49.0414	41.2916	11.6591
CR	9.11%	27	15:09.3381	33.6792	10.4928
BCR	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
BFILI	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
FILI	2.37%	5	3:56.4401	47.2880	2.6370
OVEL	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
BOVEL	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
BEBC	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
EBC	6.60%	7	10:58.9866	1:34.1409	40.0534
RB4AG	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
BRB4AG	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
BEB2	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
EB2	38.87%	27	1:04:40.0239	2:23.7046	1:38.9342
BGO3	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
GO3	4.18%	7	6:56.9177	59.5597	6.7544
BRB2AG	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
RB2AG	8.10%	15	13:28.9627	53.9308	11.6747
GOTI	5.71%	15	9:30.0516	38.0034	2.5089
BGOTI	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
BA2FE	8.15%	12	13:33.4738	1:07.7895	11.8728
BBA2FE	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
BA3FE	14.62%	15	24:19.2913	1:37.2861	9.8742
BBA3FE	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
Estoque	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
BGO2	0.00%	0	0.0000	0.0000	0.0000
GO2	12.35%	22	20:33.1607	56.0528	5.3974

### Working Time

Fonte: O autor (2023).

Os tempos gastos nos dois embutidores (EB1 e EB2), são proporcionalmente mais altos que das demais máquinas, isto acontece devido a distribuição de probabilidade destas máquinas apresentarem tempos significativamente maiores que todas as demais. Porém, dado que estas máquinas têm um setup mínimo quando comparados aos tempos médios de setup de todas as máquinas, isto de certa forma acaba compensando um pouco esta diferença de tempos de operação.

Abaixo apresenta-se o Quadro 13 que traz dados referentes a montantes produzidos e percentagens de ocupação.

Quadro 13. Dados referentes a montantes produzidos e porcentagens de ocupação.

Object	Number of Entries	Number of Exits	Minimum Contents	Maximum Contents	Relative Empty	Relative Full	Relative Occupation without Interruptions	Relative Occupation with Interruptions
Source	34	34	0	1	53.01%	-	46.99%	46.99%
Shipping	34	34	0	1	100.00%	-	0.00%	0.00%
BMA	14	14	0	2	86.71%	0.00%	0.00%	0.00%
MA	14	14	0	1	95.62%	-	4.38%	7.94%
BA2AB	7	7	0	1	89.85%	-	10.15%	10.57%
BBA2AB	7	7	0	1	92.52%	0.00%	0.00%	0.00%
EB1	29	29	0	1	70.67%	-	29.33%	30.34%
BEB1	29	29	0	5	45.98%	0.00%	0.00%	0.00%
BGOV	7	7	0	2	87.29%	0.00%	0.00%	0.00%
GOV	7	7	0	1	90.81%	-	9.19%	10.34%
CR	27	27	0	1	65.51%	-	34.49%	35.47%
BCR	27	27	0	4	47.32%	0.00%	0.00%	0.00%
BFIL	5	5	0	2	88.93%	0.00%	0.00%	0.00%
FIL	5	5	0	1	95.19%	-	4.81%	4.81%
OVEL	0	0	0	0	100.00%	-	0.00%	0.00%
BOVEL	0	0	0	0	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
BEB	7	7	0	2	92.38%	0.00%	0.00%	0.00%
EBC	7	7	0	1	89.44%	-	10.56%	10.56%
RB4AG	0	0	0	0	100.00%	-	0.00%	0.00%
BRB4AG	0	0	0	0	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
BEB2	27	27	0	4	48.79%	0.00%	0.00%	0.00%
EB2	27	27	0	1	57.65%	-	42.35%	44.34%
BGO3	7	7	0	2	84.85%	0.00%	0.00%	0.00%
GO3	7	7	0	1	90.47%	-	9.53%	10.90%
BRB2AG	15	15	0	3	69.01%	0.00%	0.00%	0.00%
RB2AG	15	15	0	1	78.57%	-	21.43%	22.60%
GOTI	15	15	0	1	84.86%	-	15.14%	15.14%
BGOTI	15	15	0	3	68.34%	0.00%	0.00%	0.00%
BA2FE	12	12	0	1	82.70%	-	17.30%	17.30%
BBA2FE	12	12	0	2	81.94%	0.00%	0.00%	0.00%
BA3FE	15	15	0	1	69.65%	-	30.35%	32.29%
BBA3FE	15	15	0	3	60.47%	0.00%	0.00%	0.00%
Estoque	34	34	0	1	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%
BGO2	22	22	0	4	58.99%	0.00%	0.00%	0.00%
GO2	22	22	0	1	68.50%	-	31.50%	34.07%

Fonte: O autor (2023).

Analisando a coluna de ocupação relativa sem interrupções, nota-se que nenhuma máquina obteve ocupação maior que 50%, além disso apenas 5 das 16 máquinas obtiveram ocupação maior que 25%. Isso mostra que no presente arranjo as máquinas tendem a ter uma alta taxa de ociosidade, porém esta característica tem alta relação com a variabilidade do processo, por exemplo se no caso da máquina FILI que processou apenas 5 das 34 peças, se ela fosse retirada da célula isto geraria acréscimo de tempo com deslocamento e quebra do fluxo pensado, visto que a piloteira precisaria sair da célula com o produto para processá-la em outro espaço.

Por fim, fora avaliada de maneira mais ampla os dados de cada máquina em que buscou-se entender se alguma das máquinas presentes precisaria ser replicada mais de uma vez para atender a demanda, porém esta hipótese foi descartada visto que as taxas de ocupação se mostraram baixas, como é possível analisar na Quadro 14.



Quadro 5. Taxas de ocupação.

Object	Working	Set-up	Waiting	Blocked	Powering up/down	Failed	Stopped	Paused	Unplanned	Portion
Source	0.00%	0.00%	53.01%	46.99%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Shipping	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
BMA	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
MA	3.31%	0.91%	92.06%	0.00%	0.00%	3.72%	0.00%	0.00%	0.00%	
BA2AB	5.54%	4.56%	89.43%	0.00%	0.00%	0.47%	0.00%	0.00%	0.00%	
BBA2AB	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
EB1	27.23%	1.69%	69.66%	0.00%	0.00%	1.42%	0.00%	0.00%	0.00%	
BEB1	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
BGOV	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
GOV	2.90%	6.18%	89.66%	0.00%	0.00%	1.26%	0.00%	0.00%	0.00%	
CR	9.11%	24.87%	64.53%	0.00%	0.00%	1.49%	0.00%	0.00%	0.00%	
BCR	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
BFILI	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
FILI	2.37%	2.44%	95.19%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
OVEL	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
BOVEL	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
BEBC	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
EBC	6.60%	3.96%	89.44%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
RB4AG	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
BRB4AG	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
BEB2	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
EB2	38.87%	2.02%	55.66%	0.00%	0.00%	3.46%	0.00%	0.00%	0.00%	
BGO3	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
GO3	4.18%	5.20%	89.10%	0.00%	0.00%	1.51%	0.00%	0.00%	0.00%	
BRB2AG	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
RB2AG	8.10%	13.00%	77.40%	0.00%	0.00%	1.49%	0.00%	0.00%	0.00%	
GOTI	5.71%	9.43%	84.86%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
BGOTI	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
BA2FE	8.15%	9.16%	82.70%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
BBA2FE	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
BA3FE	14.62%	14.88%	67.71%	0.00%	0.00%	2.79%	0.00%	0.00%	0.00%	
BBA3FE	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
Estoque	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
BGO2	0.00%	0.00%	100.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	
GO2	12.35%	17.96%	65.93%	0.00%	0.00%	3.76%	0.00%	0.00%	0.00%	

Portions of the States

Fonte: O autor (2023).

#### 4.4 DISCUSSÃO

Acerca do estudo em questão, foi possível perceber a notória percepção de credibilidade gerada pelo uso da simulação computacional, o montante de indicadores gerados assim como a modelagem aderente ao sistema que buscou-se simular foram fundamentais para tal. Outro benefício perceptível do estudo foi a combinação entre a transformação *Lean* com a



proposição de mudança de *layout*, sendo a mudança de arranjo físico o ponto de partida para uma transformação de mentalidade e da cultura existe, sendo essa uma barreira significativa quando se busca melhoria de processos em ambientes de abundante conhecimento tácito e empírico. Porém dentro do período de pesquisa existiram dificuldades também, sendo a principal delas relacionado com a modelagem do sistema na ferramenta Tecnomatix Plant Simulation. Isto se deu devido a necessidade de conhecimento específico na ferramenta assim como de programação orientada a objetos, fazendo com que esta etapa demanda-se um esforço bastante maior do que o esperado.

De certa forma, a depender da complexidade apresentada pelo sistema e os aspectos inerentes a cultura da empresa, o teste piloto pode ser encarado como uma boa maneira de validação, sendo a simulação computacional um algo a mais que pode ter maior ou menor influência na tomada de decisão a depender do perfil da empresa e dos tomadores de decisão. Por fim, entende-se que o presente estudo atendeu a expectativa gerada, levando os insumos necessários para gerar confiança a gerência de que o *layout* deveria ser implementado no setor de mostruário pequeno, cientes de que pontos de melhoria sempre iram surgir ao longo do processo porém os mesmos são frutos da busca pela melhoria contínua dos processos e que deve ser buscada dia após dia.

## 5 CONCLUSÃO

A indústria têxtil possui um papel importante na economia brasileira e ainda possui potencial de crescimento e geração de empregos de qualidade. Neste contexto, medidas para aumentar a eficiência dos seus setores de confecção são bastante válidas e isso engloba pesquisas sobre os arranjos físicos produtivos, como o presente estudo.

Visando atender o objetivo geral e os objetivos específicos, com o total entendimento acerca do estudo, foi desenvolvido um referencial teórico com definições e embasamentos necessários para o desenvolvimento do estudo, tais quais Manufatura Enxuta, *Layout* e Simulação.

Foi adotada a metodologia de pesquisa definida como pesquisa ação, esta foi a base para o desenvolvimento do presente estudo. Primeiramente buscou-se apresentar o contexto de aplicação da pesquisa, assim como as características e especificações do processo de confecção de peça piloto e também o presente arranjo físico encontrado ao início do estudo. Foram apresentados também os procedimentos adotados para cada etapa da pesquisa ação, de forma a deixar claro o método para obtenção das informações e geração dos resultados.

Para alcançar o primeiro objetivo específico, o diagnóstico acerca do *layout* encontrado, realizou-se uma análise pautada pela perspectiva da manufatura enxuta de forma a buscar os principais desperdícios, assim como pontos de melhoria para o arranjo físico e também para os processos executados.

O segundo objetivo específico foi alcançado com a proposição do novo *layout*, com a configuração de células de manufatura, que teve o suporte de estudos para o dimensionamento das células em termos de quantidade de máquinas presentes.

Por fim, o terceiro objetivo específico foi cumprido conforme apresentado na seção 4.3.2, em que os resultados do estudo de simulação são apresentados, os mesmos foram embasados pelo referencial teórico levantado acerca do tema de simulação. O intuito principal se deu pelo suporte à tomada de decisão e a credibilidade fornecida ao estudo.

Conclui-se, portanto, que os resultados obtidos foram positivos, o que deram para a diretoria e gerências segurança e convicção para a implantação do arranjo físico celular integralmente no processo de criação e confecção de peças piloto.

## 6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

Durante o desenvolvimento deste trabalho, o autor identificou algumas oportunidades para futuras pesquisas, tanto dentro do escopo do trabalho atual como em outros assuntos relacionados à operação em setores de confecção. A primeira delas é em relação a oportunidade de melhorar os modelos propostos para as pequenas tomadas de decisão como por exemplo, cada piloteira ter um grupo de máquinas que tem prioridade alocação devido a uma maior eficiência. Outro ponto seria realizar um estudo do *layout* por completo, ou seja, de todas as células assim como os demais setores de modo a trazer uma visão mais holística e sistêmica, além de outras possíveis utilizações como por exemplo para Planejamento e Controle de Produção e balanceamento das células do *layout*. Também poderia ser utilizada a modelagem e simulação para analisar a confiabilidade dos equipamentos e processos da fábrica, oferecendo sugestões para o planejamento da manutenção nas instalações.

Quanto ao planejamento de *layout* o estudo poderia avançar para a fase IV de implementação do projeto das propostas desta pesquisa. Seria enriquecedor que durante esta fase ocorra uma parceria com outras áreas de pesquisa, como gestão da qualidade, ergonomia, pois muitos equipamentos não estão adequados ergonomicamente. Além disso, uma parceria com a equipe de melhoria contínua da empresa também é de extrema importância dado que o período inicial de implementação é fundamental para que todo o projeto seja bem-sucedido e traga os resultados esperados.

## REFERÊNCIAS

- ANTONIOLLI, I. C. **Proposta de Otimização de Fluxo em um Setor de Produção com Arranjo Funcional**. 2009. Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Engenharia da Produção) Universidade Federal Tecnológica do Paraná, Medianeira. 2009.
- Aumento de preços dos insumos afeta indústria têxtil e de confecção. **Abit Têxtil e Confecção**. 2022. Disponível em <https://www.abit.org.br/noticias/aumento-de-precos-dos-insumos-afeta-industria-textil-e-de-confeccao>
- AVISON, D., BASKERVILLE, R.; MYERS, M. Controlling Action Research Projects. **Information Technology and People**, v. 14, pp.28–45. 2001.
- BANKS, J.; CARSON, J. S.; NELSON, B. L. **Discrete-event system simulation**. 2. ed. New Jersey: Prentice-Hall, 1999.
- BARNETT, M. MODELING & SIMULATION IN BUSINESS PROCESS MANAGEMENT. , 2003.
- BARROSO, U. I. B. **O layout celular na indústria moveleira: Um estudo de caso**. 2003. 100 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.
- BLACK, J. T. **O projeto da fábrica com futuro**. Porto Alegre: Bookman, 1998
- CHWIF, L.; MEDINA, A. C. **Modelagem e simulação de eventos discretos: Teoria & Aplicações**. 4. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2015.
- CORRÊA, H. L; CORRÊA, C. A. **Administração de Produção e Operações: manufatura e serviços, uma abordagem estratégica**. 3 ed – São Paulo: Atlas, 2012.
- COUGHLAN, P.; COUGHLAN, D. Action research for operations management. **International journal of operations & production management**, v. 22, p. 220-240, 2002.
- ERLACH, K. **Value Stream Design**. Berlim: Springer, 2013.
- FELD, W. M. Lean Manufacturing: tools, techniques, and how to use them, Alk Paper, 2001.
- FERREIRA, G. A. **Vencendo as crises e desafios**. Portal R7. Disponível em 2011. <https://www.folhavoria.com.br/economia/blogs/gestaoresultados/2011/12/11/vencendo-as-criises-e-desafios/>
- FREITAS FILHO, P. J. **Introdução à Modelagem e Simulação de Sistemas**, 2. ed. Visual Books, 2008.
- GAITHER, N.; FRAZIER, G. **Administração da produção e operações**. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.
- GAZIERO, C.; IVANDRO C. Simulação computacional do fluxo de valor: uma proposta de integração da Indústria 4.0 e lean production. **Scientia Cum Industria 7.2**, 2019.
- GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. 4. ed. São Paulo: Atlas, 2007.

GONÇALVES-FILHO, E. V. **Arranjo físico da fábrica: um modelo para o processo de projeto e um algoritmo genético para a formação de células de fabricação.** 2001. Tese (Livre Docência) – Universidade de São Paulo, São Carlos, 2001. Acesso em: 13 jun. 2023.

HIIT, M. A.; IRELAND, R. D.; HOSKISSON, R. E. **Administração estratégica: competitividade e globalização.** Tradução: All Tasks, 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2011.

HO, N.; NGOOI, S.-D.; CHUI, C.-K.. Optimization of workcell layout for hybrid medical device fabrication. **Journal of Manufacturing Systems**, v. 50, 2019.

IMAI, M. **Gemba Kaizen: A commonsense approach to a continuous improvement strategy**, 2. ed. EUA: McGraw Hill, 2012.

Indústria pode aumentar competitividade com maior uso de técnicas de produção enxuta. CNI. 2019. Disponível em <https://www.portaldaindustria.com.br/estatisticas/sondesp-71-manufatura-enxuta-na-industria-de-transformacao-brasileira/>

JUNIOR, C. D. **Comparação dos leiautes funcional, celular e celular virtual utilizando plano de processos com alternativas por meio de simulação e projeto de experimentos.** 2015. 167 p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2015.

KRAJEWSKI, L., RITZMAN L., MALHOTRA, M. **Administração de Produção e Operações.** 8 ed., SP: Pearson, 2009

LAW, A. M.; KELTON, W. D. **Simulation modeling and analysis.** 2. ed. EUA, McGraw Hill, 1991.

LEE, Q. **Projeto de instalações e locais de trabalho.** São Paulo: IMAM, 1998.

LIB - Lean Institute Brasil. **Sistema Toyota de Produção.** São Paulo, SP. 2022. Disponível em: [https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-\(toyota-production-system---tps\).aspx](https://www.lean.org.br/conceitos/117/sistema-toyota-de-producao-(toyota-production-system---tps).aspx).

LIKER, J. K. **O modelo Toyota: 14 princípios de gestão do maior fabricante do mundo.** Tradução: Lene Belon Ribeiro. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

MACEDO, M. M. Gestão da produtividade nas empresas. **Revista FAE Business**, v.5, p. 18-22, 2002.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, Fernando Piero. **Administração da produção.** 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MELLO, C. H. P.; TURRIONI, J. B.; XAVIER, A. F.; CAMPOS, D. F. Pesquisa-ação na engenharia de produção: proposta de estruturação para sua condução. **Produção**, Itajubá, v. 22, n. 1, p. 1 – 13, 2012.

MIURA, C. **Desenvolvimento do layout através do método de Fac Plan.** Monografia (Graduação em Engenharia de Produção) Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2011.

MOREIRA, D. A. **Administração da produção e operações**. 2. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2012.

NASCIMENTO, F. P. Classificação da Pesquisa. Natureza, método ou abordagem metodológica, objetivos e procedimentos. 2019.

NEUMANN, C., & SCALICE, R. **Projeto de fábrica e layout**. 1. ed. Rio de Janeiro: Campus. 2015.

OHNO, T. **O sistema Toyota de produção**: Além da produção em larga escala. 1. ed. Porto Alegre: Bookman, 1997.

OLIVÉRIO, J. L. **Projeto de Fábrica** – Produtos e Processos e instalações Industriais. São Paulo: IBLC – Instituto Brasileiro do Livro Científico, 1985.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da Produção**. Operações Industriais e de Serviços. UnicenP, Curitiba, 2007.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de, **Metodologia do Trabalho Científico**: Métodos e Técnicas da Pesquisa e do Trabalho Acadêmico , 2ª Ed., Novo Hamburgo - RS, ASPEUR Universidade Feevale, 2013.

ROTHER, M.; HARRIS, R. **Criando fluxo contínuo**. 1. ed. São Paulo: Artsgraph, 2002.

ROWLEY, J.; SLACK, F. Conducting a literature review, **Management Research News**, v. 27, p. 31-39. 2004.

SANTOS, A. L. V.; REIS, R. R. A importância do Layout para as empresas. **Revista Interface Tecnológica**, v. 16, p. 157–168, 2019.

SHANNON, R.E. **Introduction to the Art and Science of Simulation**. Proceedings of the 1998 Winter Simulation Conference, v. 7. 1998.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Administração da produção**. 3. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

THIOLLENT, M. **Metodologia da pesquisa-ação**. 15. ed. São Paulo: Cortez, 2007.

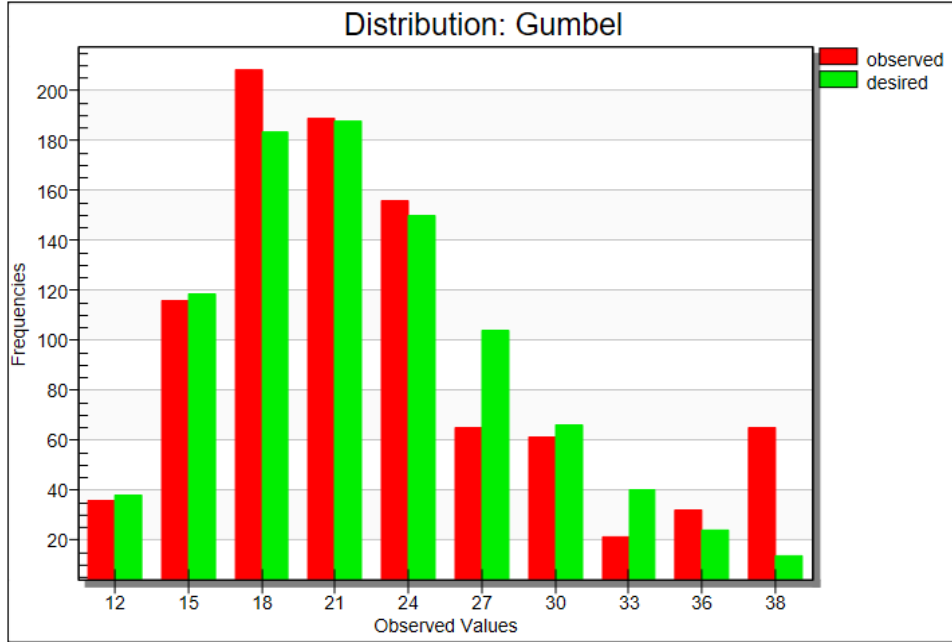
TORTORELLA, G. L., FOGLIATTO, F. S. Planejamento sistemático de layout com apoio de análise de decisão multicritério. **Production**, v. 18, p. 609-624. 2008.

VIEIRA, G. E. Uma revisão sobre a aplicação de simulação computacional em processos industriais. **SIEMPEP**, Bauru, v. 13, Anais, p. 1-10, nov. 2006.

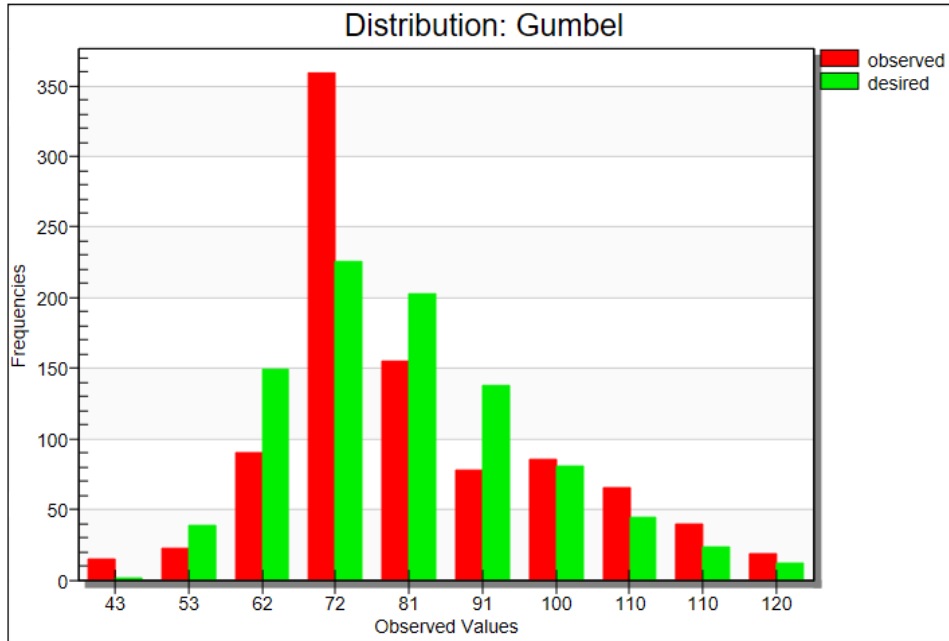
WOODSID, A; WILSON, E. Case study research methods for theory building. **Journal of Business and Industrial Marketing**, v. 18, p.493-508. 2003.

**ANEXO 1. DISTRIBUIÇÕES DE PROBABILIDADE**

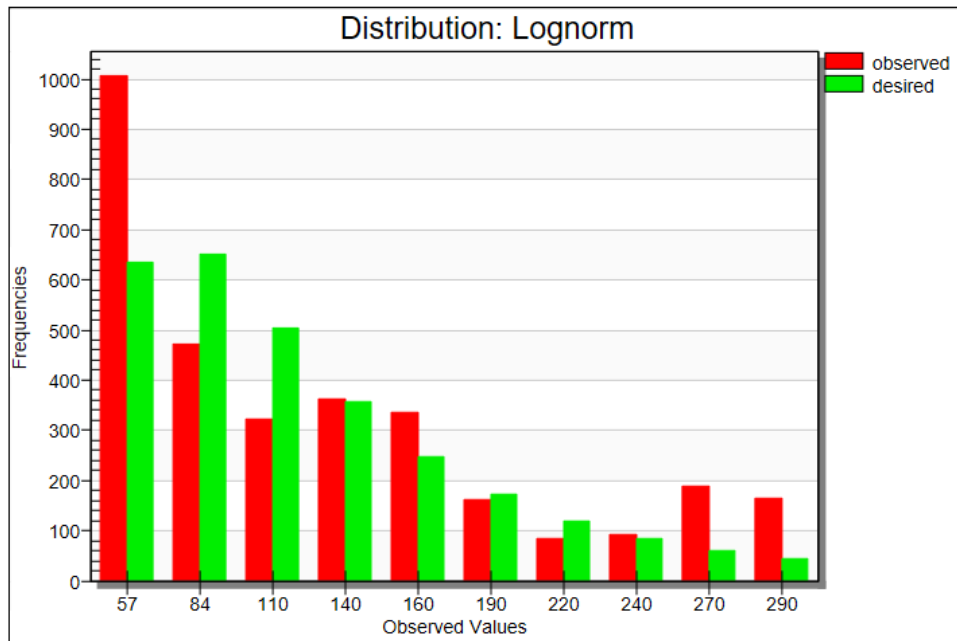
Distribuição de probabilidade MA



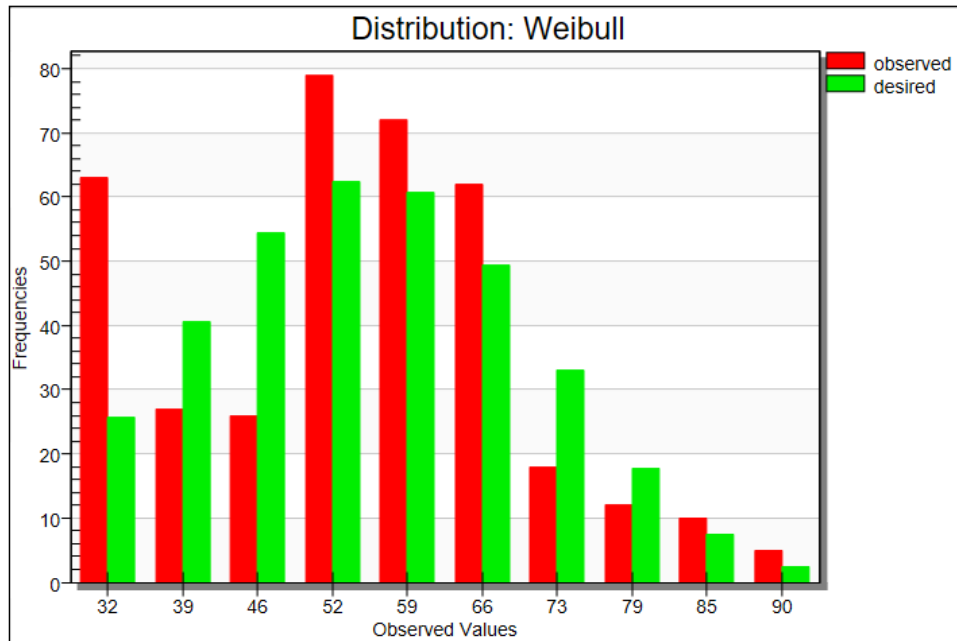
Distribuição de probabilidade BA2AB



Distribuição de probabilidade EB

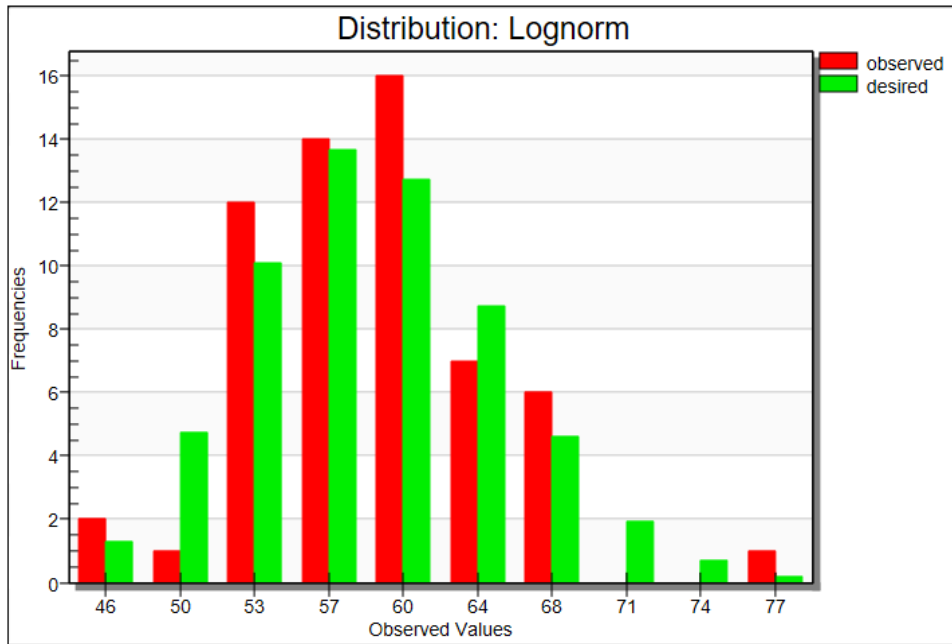


Distribuição de probabilidade GOV

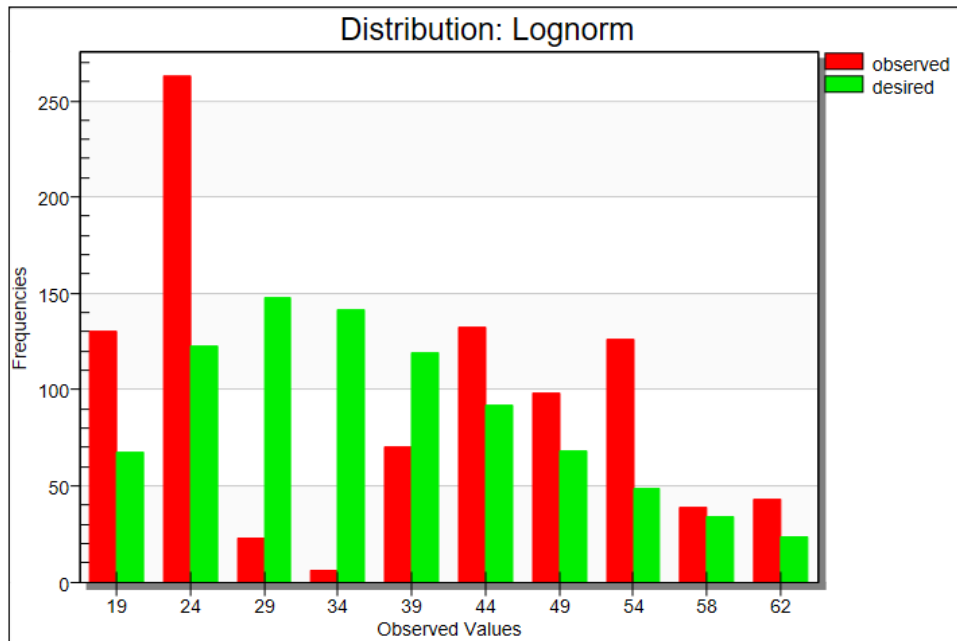




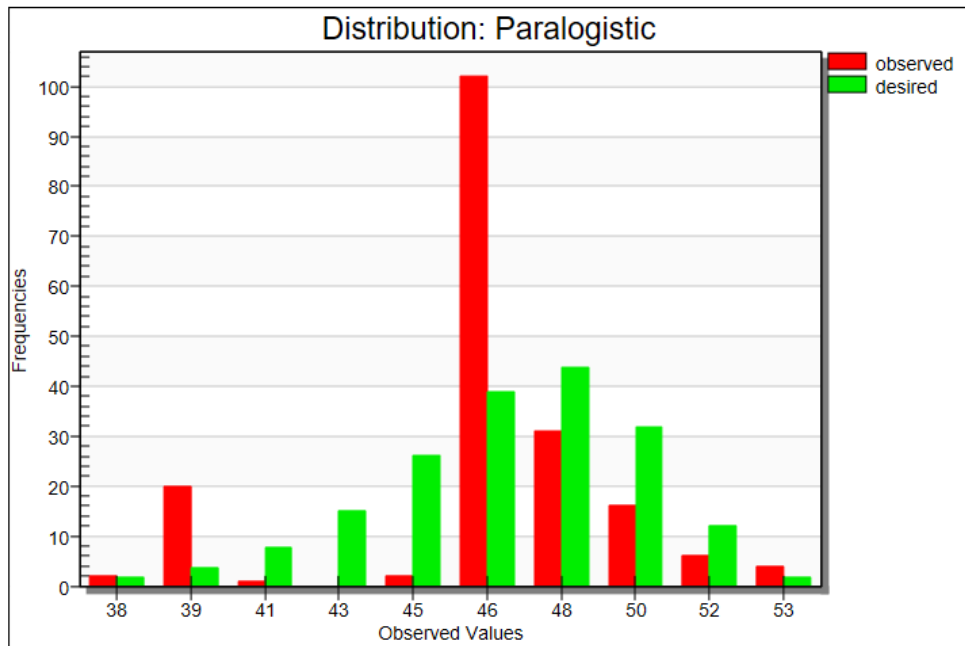
Distribuição de probabilidade GO2



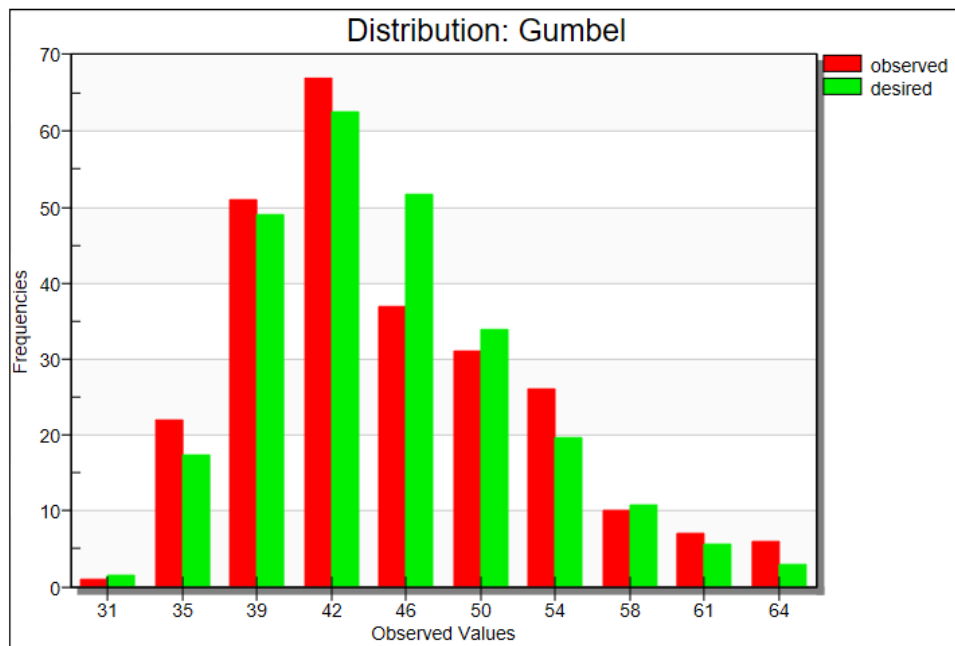
Distribuição de probabilidade CR



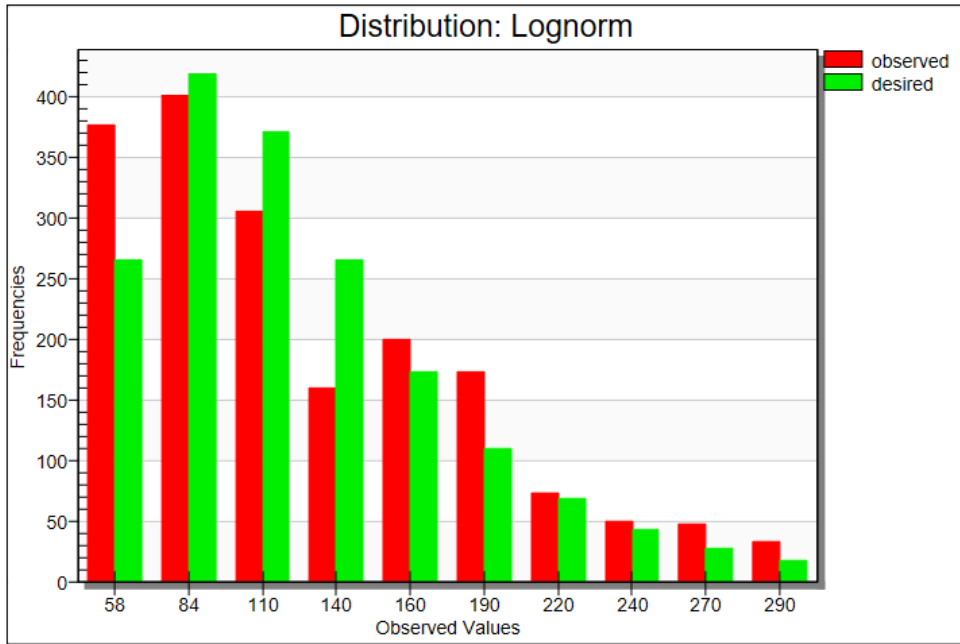
Distribuição de probabilidade FILI



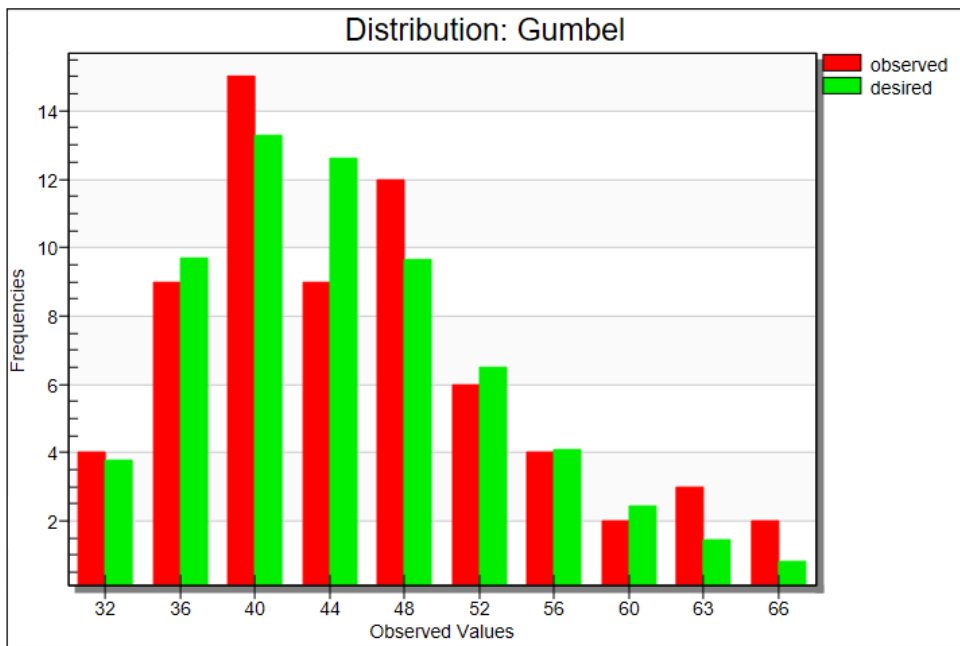
Distribuição de probabilidade OVEL



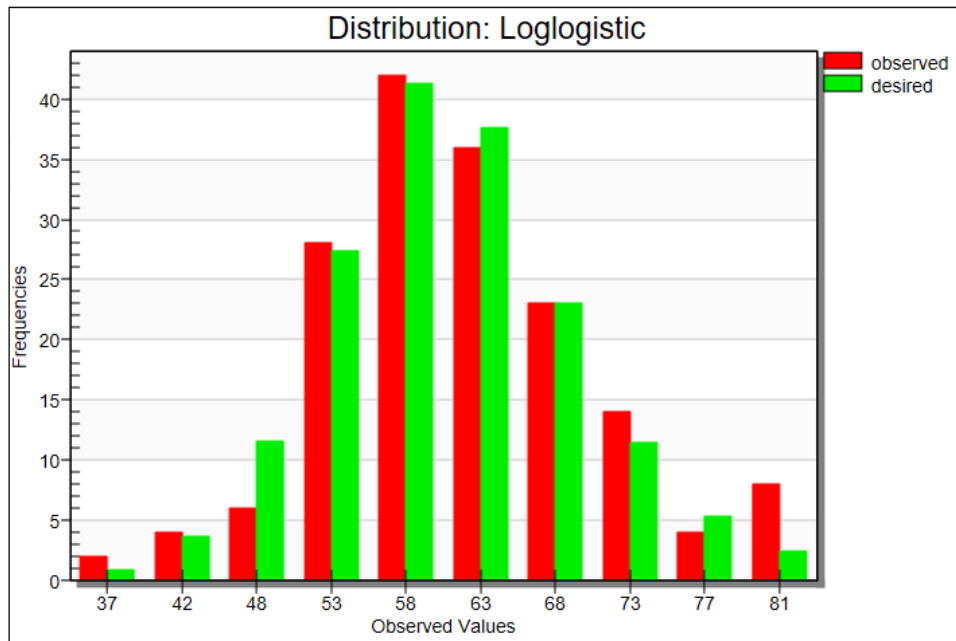
Distribuição de probabilidade EBC



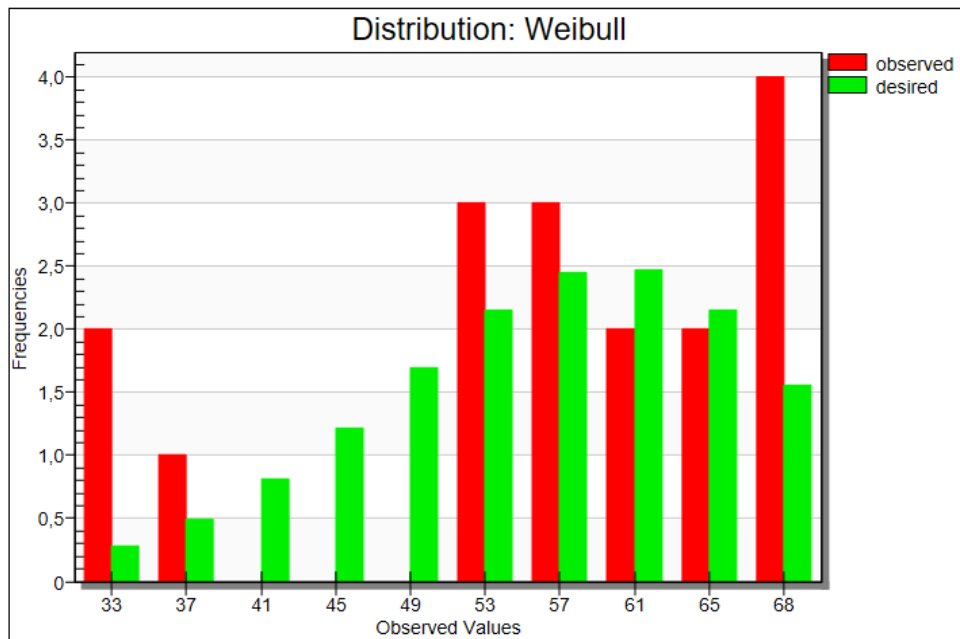
Distribuição de probabilidade RB4AG



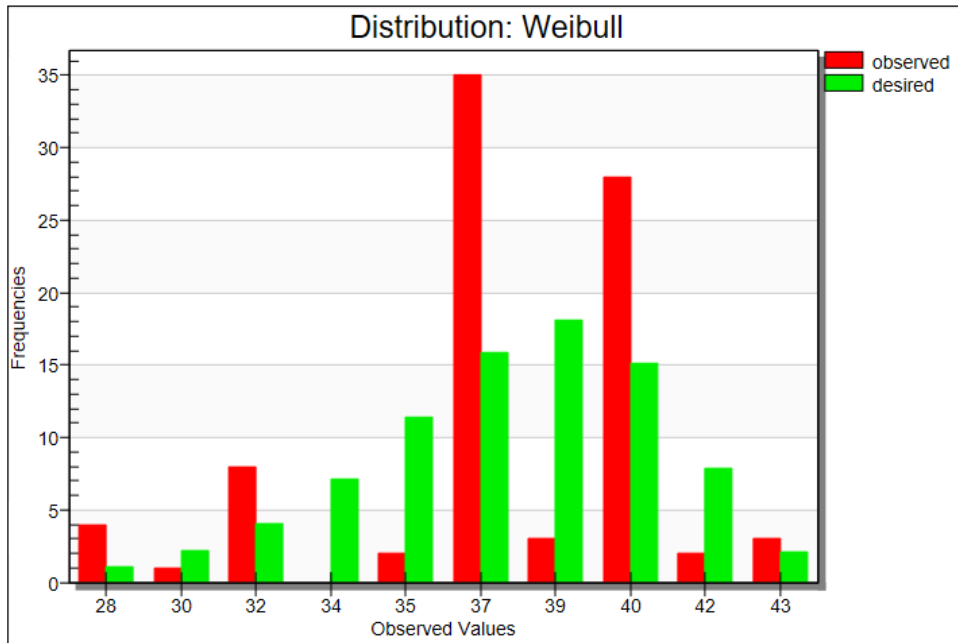
Distribuição de probabilidade GO3



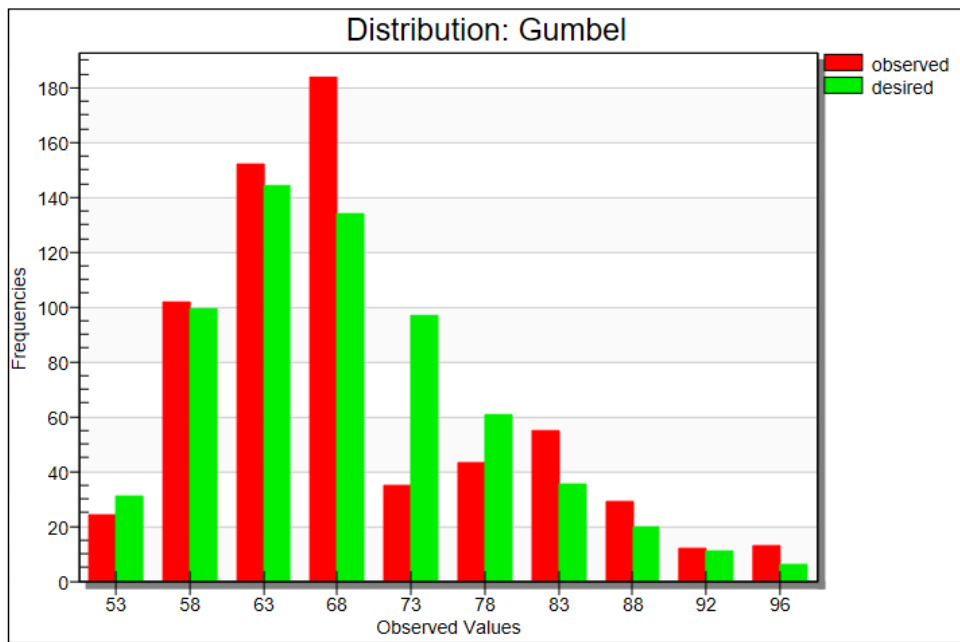
Distribuição de probabilidade RB2AG



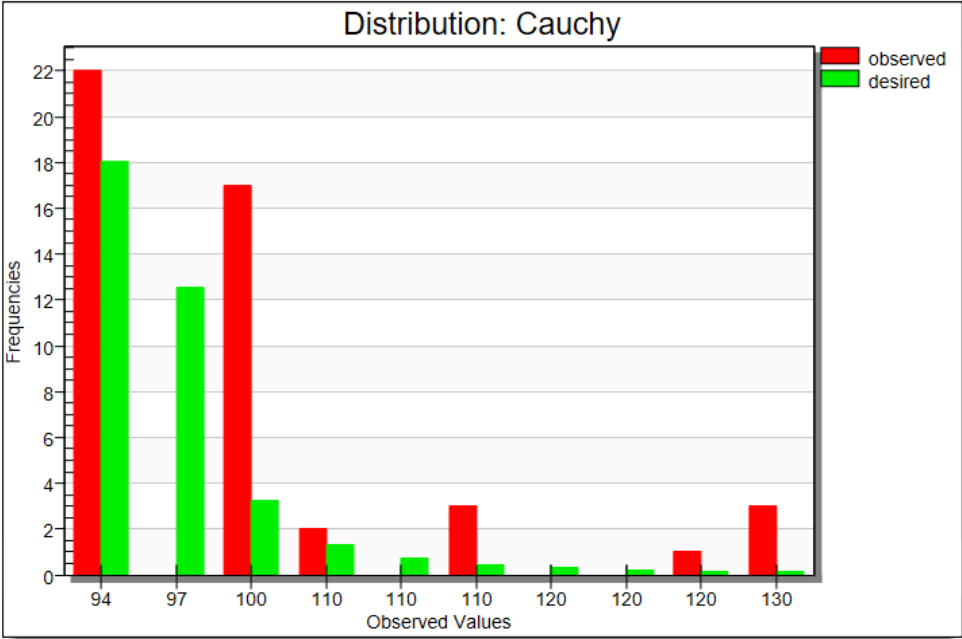
Distribuição de probabilidade GOTI



Distribuição de probabilidade BA2FE



Distribuição de probabilidade BA3FE



## ANEXO 2. ALGORITIMOS DE MEDIAÇÃO

### Controle de saída da estação

```
1: @.PositionInWorkPlan :=@.PositionInWorkPlan+1
2: @.move
3:
```

### Controle de importação de recurso

```
1: param obj: object, -- Importer
2: type: integer
3:
4: var nextStation:object
5:
6: nextStation:=BOP[1,obj.cont.name][1,obj.cont.PositionInWorkPlan]
7:
8: obj.cont.destination:=nextStation
9:
10: ?.doStandardImport(obj, type)
11:
```

### Controle de saída do *buffer*

```
1: var station:object:=?.transportImp.MuTarget
2:
3: waituntil station.occupied=false
4:
5: @.PositionInWorkPlan :=@.PositionInWorkPlan+1
6: @.move
7:
```