



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO
CURSO DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PEDRO MATEUS AGUIAR BARBOSA

**DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE PRODUTIVA EM UMA
METALÚRGICA A PARTIR DE CRONOANÁLISE**

CAMPINA GRANDE - PB

2022

PEDRO MATEUS AGUIAR BARBOSA

**DIMENSIONAMENTO DA CAPACIDADE PRODUTIVA EM UMA
METALÚRGICA A PARTIR DE CRONOANÁLISE**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado a Unidade Acadêmica de Engenharia de Produção do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal de Campina Grande, como requisito para obtenção do título de Bacharel em Engenharia de Produção.

Área de concentração: Engenharia de Processos.

Orientador: Dr. Francisco Kegenaldo Alves de Sousa.

CAMPINA GRANDE - PB

2022

B238d

Barbosa, Pedro Mateus Aguiar.

Dimensionamento da capacidade produtiva em uma metalúrgica a partir de cronoanálise / Pedro Mateus Aguiar Barbosa. – Campina Grande, 2022.

73 f. : il. color.

Monografia (Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia, 2022.

"Orientação: Prof. Dr. Francisco Kegenaldo Alves de Sousa".

Referências.

1. Engenharia de Produção. 2. Mapeamento do Processo. 3. Cronoanálise. 4. Planejamento da Capacidade. 5. Engenharia de Processos. 6. Indústria Metalúrgica. I. Sousa, Francisco Kegenaldo Alves de. II. Título.

CDU 658.5:669(043)



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
UNIDADE ACADEMICA DE ENG. DE PRODUCAO
Rua Aprigio Veloso, 882, - Bairro Universitario, Campina Grande/PB, CEP 58429-900
Telefone: (83) 2101-1100
Site: <http://cct.ufcg.edu.br>

PARECER SEI Nº **23/2022/UAEP-CCT/CCTEC**
PROCESSO Nº 23096.067863/2021-83
INTERESSADO: PEDRO MATEUS AGUIAR BARBOSA

PARECER DA COMISSÃO EXAMINADORA DE DEFESA DE TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO DO CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA DA UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE

TÍTULO DO TRABALHO: “Dimensionamento da capacidade produtiva em uma metalúrgica a partir de cronoanálise”

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: Engenharia de Produção

A comissão examinadora composta pelos professores designados pela **Portaria SEI n. 2248047**, considera **APROVADO** em **30 de março de 2022** o Trabalho de Conclusão de Curso do(a) discente **Pedro Mateus Aguiar Barbosa**.

Prof. Francisco Kegenaldo Alves de Sousa (UAEP/CCT/UFCG) Orientador(a) - Assinatura Eletrônica
Prof. Josenildo Brito de Oliveira (UAEP/CCT/UFCG) Examinador 1 - Assinatura Eletrônica
Prof. Edimar Alves Barbosa (UAEP/CCT/UFCG) Examinador 2 - Assinatura Eletrônica



Documento assinado eletronicamente por **JOSENILDO BRITO DE OLIVEIRA, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 05/04/2022, às 10:05, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **FRANCISCO KEGENALDO ALVES DE SOUSA, PROFESSOR 3 GRAU**, em 05/04/2022, às 11:46, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



Documento assinado eletronicamente por **EDIMAR ALVES BARBOSA, PROFESSOR 3 GRAU**, em 05/04/2022, às 16:21, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 8º, caput, da [Portaria SEI nº 002, de 25 de outubro de 2018](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site <https://sei.ufcg.edu.br/autenticidade>, informando o código verificador **2248025** e o código CRC **8CA2C106**.

RESUMO

A aplicação de metodologias e técnicas de gestão são o motor primário para o atingimento de maiores níveis de eficiência produtiva almejados pelas indústrias afim de se obter vantagem competitiva frente ao mercado. O campo de estudo da engenharia de métodos tem em seu escopo de conhecimentos o estudo de tempos e métodos. Sendo o mapeamento de processo e a cronoanálise duas ferramentas consolidadas no ambiente acadêmico/empresarial devido os resultados proporcionados. O objetivo deste estudo é dimensionar a capacidade produtiva numa indústria metalúrgica fabricante de fechaduras e dobradiças, tendo como alvo o setor onde são produzidos expositores de madeira. O método se baseia em aplicar as técnicas de mapeamento de processo, cronoanálise e capacidade produtiva. Os resultados mostraram a eliminação de 84% de atividades que não agregavam valor ao processo produtivo. Em seguida, como resultado da cronoanálise, foi encontrado o tempo padrão de 7,53 minutos para o processo de montagem e embalagem do expositor de madeira tipo gôndola. Definido o TP, a capacidade produtiva do setor foi avaliada em 1.321 unidades por mês, distante da produção histórica de 717 unidades por mês. Tais etapas serviram de base para constatação de que após o estudo realizado, o setor se encontrava em um nível de eficiência de 54,28%.

Palavras-chaves: Mapeamento do processo; Cronoanálise; Planejamento da capacidade.

ABSTRACT

The application of management methodologies and techniques are the primary engine for achieving higher levels of productive efficiency desired by industries in order to obtain a competitive advantage in the market. The field of study of methods engineering has in its scope of knowledge the study of times and methods. Process mapping and chronoanalysis are two consolidated tools in the academic/business environment due to the results provided. The objective of this study is to dimension the productive capacity in a metallurgical industry that manufactures locks and hinges, targeting the sector where wooden displays are produced. The method is based on applying the techniques of process mapping, chronoanalysis and productive capacity. The results showed the elimination of 84% of activities that did not add value to the production process. Then, as a result of the chronoanalysis, the standard time of 7.53 minutes was found for the assembly and packaging process of the wooden gondola type exhibitor. Once the TP was defined, the productive capacity of the sector was evaluated at 1,321 units per month, far from the historical production of 717 units per month. These steps served as a basis for finding that after the study, the sector was at an efficiency level of 54.28%.

Keywords: Process mapping; Chronoanalysis; Capacity planning.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tipos de arranjo físico e suas vantagens e desvantagens.....	14
Quadro 2 – Símbolos para mapeamento de processos.....	16
Quadro 3 – Classificação de habilidade e esforço	22

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Avaliação de ritmo	21
Tabela 2 – Avaliação de esforço físico	24
Tabela 3 – Avaliação de esforço mental.....	24
Tabela 4 – Avaliação de monotonia.....	25
Tabela 5 – Avaliação de condições ambientais térmicas	25
Tabela 6 – Avaliação de condições ambientais atmosféricas.....	26
Tabela 7 – Avaliação de condições ambientais complementares	26
Tabela 8 – Avaliação de tempo recuperado	27
Tabela 9 – Gráfico de fluxo do layout atual.....	41
Tabela 10 – Gráfico de fluxo do layout implantado.....	45
Tabela 11 – Medições da amostragem preliminar	Erro! Indicador não definido.
Tabela 12 – Análise de normalidade dos dados amostrais	48
Tabela 13 – Cálculo do número de ciclos para cada elemento	49
Tabela 14 – Dados da amostragem final do estudo de cronoanálise	50
Tabela 15 – Avaliação do fator de ritmo por observação direta.....	51
Tabela 16 – Tempos normais calculados.....	52
Tabela 17 – Avaliação fator de fadiga.....	54
Tabela 18 – Determinação do tempo padrão	55

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Gráfico de fluxo do processo	17
Figura 2 – Resumo de procedimentos metodológicos	31
Figura 3 – Volume de expositores da empresa alvo anos 2019 e 2020	34
Figura 4 – Maquinário utilizado no setor	36
Figura 5 – Ferramental utilizado no setor	36
Figura 6 – Produção mensal de expositores Gôndola em 2021	37
Figura 7 – Layout atual	39
Figura 8 – Mapofluxograma do layout atual.....	40
Figura 9 – Layout implantado.....	42
Figura 10 – Mapofluxograma do layout implantado.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASME	<i>American Society of Mechanical Engineers</i>
TN	Tempo Normal
TM	Tempo Médio
TP	Tempo Padrão
FR	Fator de Ritmo
CH	Carga Horária
PP	Paradas Planejadas
PNP	Paradas Não Planejadas
B2B	<i>Business to Business</i>

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	9
1.2 OBJETIVOS	10
1.2.1 GERAL	10
1.2.2 ESPECÍFICOS.....	10
1.3 JUSTIFICATIVA	11
1.4 O PROBLEMA	11
1.5 SEQUÊNCIA LÓGICA DO TRABALHO.....	12
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	13
2.1 DESENVOLVIMENTO DE LAYOUT	13
2.1.1 Fatores relevantes na elaboração do layout.....	13
2.1.2 Tipos de layout	14
2.2 MAPEAMENTO DE PROCESSOS.....	15
2.2.1 Mapofluxograma	16
2.2.2 Gráfico de fluxo.....	17
2.3. CRONOANÁLISE.....	17
2.3.1 Processo de cronometragem.....	17
2.3.2 Número de ciclos	18
2.3.3 Fator de ritmo	20
2.3.4 Tempo normal.....	22
2.3.5 Avaliação de tolerâncias.....	23
2.3.6 Tempo-padrão	27
2.4. CAPACIDADE PRODUTIVA.....	28
2.4.1 Capacidade Disponível.....	28
2.4.2 Capacidade Efetiva.....	29
2.4.3 Capacidade Realizada.....	29
2.4.4 Eficiência do processo	29
3. METODOLOGIA	31
3.1 CLASSIFICAÇÃO DE PESQUISA	31
3.2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA	32
3.3 PRODUTO ANALISADO.....	33

3.4 MAPEAMENTO DO PROCESSO	35
3.5 DESCRIÇÃO DO MAQUINÁRIO	35
3.6 DADOS HISTÓRICOS	36
3.7 CRONOANÁLISE	37
3.8 AVALIAÇÃO DE MELHORIAS.....	38
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	39
5.1 MAPEAMENTO DO PROCESSO	39
5.1.1 Layout atual	39
5.1.2 Mapeamento do processo atual.....	40
5.1.3 Layout implantado	42
5.1.4 Mapeamento do processo proposto	43
5.2 CRONOANÁLISE	46
5.2.1 Amostragem inicial	46
5.2.2 Determinação do número de ciclos	48
5.2.3 Coleta de tempos.....	49
5.2.4 Fator de ritmo	50
5.2.5 Tempo normal.....	52
5.2.6 Determinação do fator de tolerância.....	52
5.2.7 Determinação do tempo padrão	55
5.3 CAPACIDADE E EFICIÊNCIA	56
5.3.1 Definição de capacidade realizada	56
5.3.2 Cálculo de eficiência.....	57
6 CONCLUSÃO	58
REFERÊNCIAS.....	60

1 INTRODUÇÃO

1.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

A indústria da Construção Civil é composta por uma complexa cadeia produtiva que abrange setores industriais diversos, tais como: mineração, siderurgia do aço, metalurgia do alumínio e do cobre, vidro, cerâmica, madeira, plásticos, equipamentos elétricos e mecânicos, fios e cabos. Observa-se que a usabilidade dos itens fabricados na metalurgia básica está incluída no dia a dia da construção civil e das habitações em geral, fazendo com que a demanda desses produtos esteja diretamente ligada ao setor metalúrgico. (MELLO, 2009).

A alta competitividade faz com que as organizações busquem cada vez mais por técnicas para otimização dos processos produtivos, com objetivo de padronizar procedimentos operacionais e definir a capacidade fisiológica operacional. A busca por essas técnicas se originou com Henry Ford, através das linhas de montagem com foco na produção em série, e com Frederick Taylor, por meio de estudos sobre a racionalização humana, fadiga e habilidades operacionais, diretamente ligadas à produção em série, ao rendimento e à habilidade dos operadores. (MOREIRA, 2002).

Uma importante ferramenta foi criada para auxiliar as empresas - o estudo dos tempos, movimentos e métodos, definido por cronoanálise - técnica utilizada para cronometrar e analisar o tempo que um operador leva para realizar alguma operação no fluxo de produção. O objetivo da cronoanálise é detectar pontos falhos a serem corrigidos, conhecer minuciosamente as etapas do processo e evitar fadigas e tempos ociosos em máquinas e operadores. (CORRÊA e CORRÊA, 2012). Assim, faz-se necessário o estudo de tempos produtivos, a fim de avaliar os processos de produção para se reduzir movimentos desnecessários e propor métodos apropriados e racionais de trabalho. Desta forma, as empresas podem atender suas necessidades e buscar melhorias no processo, aumentando a qualidade dos seus produtos e reduzindo os seus custos.

O local de estudo deste trabalho é uma empresa de médio porte, do setor metalúrgico, inserida no segmento de Siderurgia e Metalurgia Básica, atuante no subsegmento de fabricação de artigos de serralharia, exceto esquadrias, segundo a Classificação Nacional de Atividades Econômicas (CARDOSO, 2015), localizada no

estado da Paraíba. A empresa possui várias áreas produtivas que estão interligadas de forma que o processo ocorra alinhado, seguindo os procedimentos internos, e auxiliando os objetivos propostos em sua missão. Do mesmo modo, ela deve adequar sua atividade de uma forma que ofereça aos trabalhadores um ambiente seguro e prático para se trabalhar. Porém, a área destinada à produção de expositores oriundos da linha de produção não possui uma sequência de eventos documentada com os tempos respectivos para cada atividade, fazendo com que cada operador execute a atividade de uma forma diferente, não haja controle da capacidade produtiva e estimativas para datas de entrega dos pedidos e os novos funcionários não recebam um roteiro para ser seguido.

O estudo tem como objetivo desenvolver o mapeamento e análise de tempos sobre o processo de montagem e embalagem de expositores de madeira para, após avaliação da capacidade produtiva, se constatar as melhorias implicadas no setor e estabelecer o número de produtos que são ideias de serem confeccionados e exigidos no setor de produção de expositores.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 GERAL

Utilizar a engenharia de métodos, especificamente os conhecimentos de mapeamento de processo e de cronoanálise, para analisar a produção de expositores da empresa objeto do estudo e propor melhorias para o aumento de capacidade produtiva do setor alvo.

1.2.2 ESPECÍFICOS

No intuito de especificar as metas propostas neste trabalho e melhor detalhar as etapas e aplicações do método, segue os objetivos específicos:

- Mapear o processo produtivo alvo e desenvolver novo layout a fim de reduzir/eliminar tarefas desnecessárias;
- Realizar o estudo de cronoanálise do processo;
- Estabelecer a capacidade produtiva realizada e calcular a eficiência do processo produtivo em relação ao histórico de produção.

1.3 JUSTIFICATIVA

As organizações estão em constante busca do aumento da produtividade e da qualidade total, com foco na satisfação do cliente afim de obtenção de vantagem competitiva.

O lead time de entrega dos expositores é um item importante para empresa objeto de estudo. Pois, para garantir a venda dos seus produtos principais, é preciso que a entrega dos expositores aos varejistas e representantes comerciais seja feita de forma excelente, sem atrasos. Caso contrário, a empresa perderá os pedidos de venda bem como a credibilidade para com os varejistas.

Com o aumento da demanda a empresa vem enfrentando atrasos na entrega dos pedidos, devido ao setor produção não conseguir atingir as metas estabelecidas. Observando o dia-a-dia da produção, percebeu-se que não há métodos de trabalho, ou sequenciamento das operações. Com isto, a empresa não tem o planejamento e controle da produção no setor, impossibilitando a estimativa de prazos factíveis para entrega dos expositores, por exemplo.

Neste contexto, buscando o aumento de produtividade do setor produtivo especificado, nasce o interesse para a realização deste trabalho. Onde, pretende-se, com o estudo de cronoanálise, reduzir o lead time de entrega dos expositores, a partir do aumento da produção.

1.4 O PROBLEMA

O trabalho é um estudo de caso, realizado em uma empresa industrial segmentada em fechaduras e dobradiças, localizada na Paraíba – Cidade de Campina Grande, um dos principais polos industriais do Estado.

Diante disso, definiu-se o seguinte problema de pesquisa:

- A partir da aplicação de cronoanálise, quantas unidades do principal produto do setor estudado podem ser produzidas?

Algumas dificuldades foram encontradas, pois o operador apresentava mais de dez anos de colaboração com a empresa e não foi suscetível a mudanças, possuindo sua própria metodologia de trabalho e mostrando uma certa resistência a colaboração na coleta de dados.

Com relação à administração e diretoria da empresa as limitações foram delineadas em relação aos custos envolvidos para aplicação de melhorias para o setor.

1.5 SEQUÊNCIA LÓGICA DO TRABALHO

O capítulo 1 apresenta um texto introdutório do problema a ser tratado, assim como os objetivos, as limitações e delimitações do mesmo. O capítulo 2 versou sobre o referencial teórico e o relacionamento com o objeto de estudo deste trabalho. No capítulo 3 descreveu os procedimentos que serão executados para a aplicação da metodologia e para o desenvolvimento do trabalho, assim como o tipo de pesquisa e ferramentas utilizadas. O capítulo 4 contextualizou o estudo de caso, os dados gerais da empresa e do setor envolvido. No capítulo 5, foram dispostos os resultados e análises desenvolvidos. O capítulo 6 abordou as conclusões do estudo de cronoanálise e dos resultados gerais do trabalho. Por fim, foram apresentadas as referências bibliográficas.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Adiante, serão apresentados os conceitos e as definições que concedem o embasamento teórico necessário para o desenvolvimento deste trabalho. Sendo as áreas abordadas: Desenvolvimento de Layout, Mapeamento de processos e Cronoanálise.

2.1 DESENVOLVIMENTO DE LAYOUT

O layout, ou arranjo físico, pode ser definido como a disposição espacial de máquinas, postos de trabalho, equipamentos, pessoas, outros corpos que ocupam espaço na fábrica. Tendo como objetivo trazer o maior nível de funcionalidade do processo produtivo (ROCHA, 1995).

Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018) enfatizam que um layout inadequado é fator principal para o surgimento dos desperdícios clássicos da filosofia *Lean*. Desperdícios de transporte, movimentação, espera e estoque, principalmente, se traduziram no processo produtivo como fluxo produtivo cruzado e confuso, estoque de matéria-prima e material em processamento, filas de clientes formando-se ao longo da operação, operações inflexíveis, fluxos imprevisíveis, custos elevados e baixa eficiência.

O planejamento do layout ou estruturação do espaço da fábrica é essencial para se evitar desperdícios ao longo do processo de produção em qualquer planta industrial. Com o desenvolvimento de um arranjo físico adequado, é possível melhorar processos e reduzir custos, otimizar o fluxo da operação e eliminar atividades que não agregam valor ao produto acabado (KRAJEWSKI; RITZMAN; MALHOTRA, 2009).

2.1.1 Fatores relevantes na elaboração do layout

O desenvolvimento de layout exige informações detalhadas de diversos fatores diretamente relacionados à definição do tipo de layout, área de circulação, localização de maquinário, disposição de bancadas, limitações nas instalações prediais etc. Os fatores variam de importância entre uma operação e outra, em função do que está sendo fabricado e o espaço que o pesquisador está avaliando (Rocha, 1995). O autor ainda aponta como principais fatores:

- Produto e matéria-prima: dimensões, pesos, quantidades movimentadas, características físico-químicas;
- Máquinas e equipamentos: quantificados em função das suas capacidades, da eficiência e da quantidade a ser fabricada;
- Homem: na movimentação ao realizar tarefas junto às máquinas ou na supervisão, requer espaço compatível com seu bem-estar;
- Transporte interno: tipo de transporte utilizado entre os setores. Tem influência na área reservada à circulação.

2.1.2 Tipos de layout

O projeto de arranjo físico para uma indústria deve priorizar a disposição mais racional e econômica possível das áreas que compõem a cadeia produtiva, procurando criar elementos que garantam a segurança, a eficiência e a satisfação de todos aqueles que trabalham no local (ROCHA, 2008).

Nesse contexto, existem quatro tipos de arranjos físicos principais que são amplamente utilizados como base para as instalações físicas de indústrias e locais de serviço (Slack, Brandon-Jones e Johnston, 2018). O Quadro 1 abaixo descreve cada arranjo e respectivamente suas vantagens e desvantagens.

Quadro 1 – Tipos de arranjo físico e suas vantagens e desvantagens

Arranjo físico	Vantagem	Desvantagem
Posicional	Simplicidade, lógica e um fluxo direto como resultado; pouco trabalho em processo e redução do inventário em processo; o tempo total de produção por unidade é baixo; a movimentação de material é reduzida; não exige muitas habilidades dos trabalhadores; resulta num controle de simples produção.	Custo unitário alto; alta movimentação de recursos; complexa programação de espaços e atividades.
Processo	Grande flexibilidade para atender as mudanças do mercado; bom nível de motivação; atendimento a produtos diversificados em quantidades variadas ao mesmo tempo; menor investimento para instalação do parque industrial.	Baixa utilização de recursos; altos níveis de estoque em processo; fluxo complexo.
Celular	Aumento da flexibilidade quanto ao tamanho de lotes por produto; diminuição do transporte de material; diminuição dos estoques; maior satisfação de trabalho.	Maior tempo com setups; Baixa utilização de recursos; Maior necessidade de instalações.

Produto ou linha	Simplicidade, lógica e um fluxo direto como resultado; pouco trabalho em processo e redução do inventário em processo; o tempo total de produção por unidade é baixo; a movimentação de material é reduzida; não exige muitas habilidades dos trabalhadores; resulta num controle de simples produção	Baixa flexibilidade do mix de produção; Trabalho repetitivo; Parada total para manutenções.
------------------	---	---

Fonte: Adaptado de Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018).

O passo adianta para o desenvolvimento de melhorias no layout de qualquer organização é envolver técnicas do mapeamento de processos para auxiliar na avaliação do processo produtivo. Algumas destas técnicas serão abordadas a seguir.

2.2 MAPEAMENTO DE PROCESSOS

Os trabalhos científicos compõem uma sequência vasta de técnicas de mapeamento que por vezes são confundidos e utilizados de forma intuitiva (LEAL,2003). Nesse sentido, é prudente abordar a fundamentação e destacar os enfoques das principais técnicas de mapeamento de processo. Apesar das mais de sessenta técnicas existentes para auxiliar no mapeamento de processo identificados no trabalho de Kettinger (1997), a utilização de simbologias para a representação de passos ou atividades em um processo produtivo é uma característica análoga para todas. Dentre os vários símbolos desenvolvidos por Gilbreth, se destacam cinco símbolos que foram oficializados pela *American Society of Mechanical Engineers* (ASME) e se difundiram em todos os ambientes empresariais (BARNES, 1977). O Quadro 2, a seguir, contém os cinco símbolos mais usuais no mapeamento de processos:

Quadro 2 – Símbolos para mapeamento de processos

Representação	Descrição	Utilização
	OPERAÇÃO	O objeto é modificado intencionalmente numa ou mais das suas características.
	TRANSPORTE	O objeto é deslocado de um lugar para outro, sendo esse deslocamento parte externa de uma operação ou inspeção.
	INSPEÇÃO	O objeto é examinado para identificação ou comparado com um padrão de quantidade ou qualidade.
	ESPERA	A execução da próxima ação planejada não é imediatamente efetuada.
	ARMAZENAMENTO	O objeto é mantido sob controle e a sua retirada requer uma autorização.

Fonte: Adaptado de Barnes (1977).

2.2.1 Mapofluxograma

O mapofluxograma é uma das várias técnicas para o mapeamento de processos. Onde, destaca-se na utilização do arranjo físico do ambiente estudado como plano para o detalhamento do fluxo produtivo. Sendo indicado quando o foco maior do mapeamento do processo reside no entendimento do percurso realizado ao longo de toda cadeia de agregação de valor do bem/serviço. (CORREIA,2002). Além disso, Batista *et al.* (2006) complementam que os mapofluxogramas auxiliam na exposição de operações que não agregam valor, movimentos desnecessários e quantidade de transporte e espera gerados por cruzamentos de fluxo contínuo.

Segundo Barnes (1977), para que o mapofluxograma apresente o maior grau de veracidade, o responsável deve explorar o *Genba* ao máximo. Além de conhecer a fundo o fluxo do processo que será analisado e registrar as distâncias e tempos de deslocamento em tempo real e, de preferência, que esteja com o desenho do arranjo físico em mãos.

Finalmente, Tosta *et al.* (2009) definem as limitações identificadas na utilização do mapofluxograma. Sendo as principais críticas levantadas: não aborda os

O processo de cronometragem é o alicerce para a obtenção do tempo padrão. Pois, será a partir dos dados coletados inicialmente que toda a cronoanálise se desenrolará. Peinado e Graeml (2007) afirmam que a etapa inicial consiste no entendimento do processo e ambiente ao qual será analisado, com a finalidade de fracionar a atividade realizada por um operador em elementos. Elementos são as partes sequenciais que compõem uma atividade podendo ser produção de um produto ou execução de um serviço. (BARNES, 1977).

De acordo com Contador (2004), a realização da cronometragem deve se seguida com a utilização de um cronômetro centesimal, prancheta e folha de anotações. Porém, muitos pesquisadores e cronoanalistas dispõem de filmagens para obtenção de cronoanálises, o que se vê como um método melhorado e ainda fornece o conjunto de informações para uma análise de micro movimentos. (TORRES *et al.*, 2016).

Inicialmente o cronometrista deve coletar entre 10 e 20 cronometragens de cada elemento a fim de se avaliar a variabilidade existente na atividade estudada para que, em seguida, seja calculado o número de ciclos adequado. (MARTINS; LAUGENI, 2005).

2.3.2 Número de ciclos

Montgomery (2004) afirma que a variabilidade está inerente a qualquer processo produtivo. Este fato justifica a metodologia aplicada por Barnes (1977) para se determinar o número de ciclos ideais para o processo de cronoanálise. Visto que a validação estatística se dará ao se realizar várias cronometragens do processo apontado.

Peinado e Graeml (2007) afirmam que caso a variação de tempo entre duas cronometragens apresente um comportamento aleatório e independente, podemos calcular o número ideal de ciclos ou de cronometragens seguindo a Equação 1.

$$N = \left(\frac{Z \cdot x \cdot R}{Er \cdot D_2 \cdot \bar{X}} \right)^2 \quad (\text{eq.1})$$

Onde:

N = número de ciclos a serem cronometrados;

Z = coeficiente de distribuição normal para uma probabilidade determinada;

R = amplitude da amostra;

Er = erro relativo da medida;

D_2 = coeficiente em função do número de cronometragens realizadas preliminarmente;

\bar{X} = média dos valores das observações.

Diversas aplicações estatísticas exigem da população da qual as amostras são retiradas o comportamento normalmente distribuído. Então, deve-se sempre verificar antes da análise se os dados da amostra são aproximadamente normais para se decidir seguir pelo uso de um teste paramétrico (quando o comportamento normal for garantido) ou não-paramétricos. Em situações em que o comportamento normal é presente existem alguns testes de normalidade, a exemplo do teste de Anderson-Darling que podem ser aplicados.

No teste de Anderson-Darling (STEPHENS, 1974) uma amostra de dados é testada quanto à distribuição de probabilidade de modo que as hipóteses são estabelecidas como:

- H_0 : Os dados seguem uma distribuição normal;
- H_1 : Os dados não seguem uma distribuição não-normal.

Para testar uma hipótese a probabilidade máxima com o qual se pode ocorrer o Erro do tipo I (quando H_0 é rejeitado, sendo este realmente verdadeiro) é denominada nível de significância do teste (SPIEGEL, 1993). Normalmente, o nível de significância é representado por α e, geralmente, é especificado antes da extração das amostras e das hipóteses, de modo que os resultados obtidos não influenciem a escolha do nível (BUSSAB e MORRETTIN, 2002).

Dependendo da criticidade de sua aplicação, usualmente são escolhidos os níveis de significância de 1% ou 5%. Da mesma maneira, normalmente é considerado o nível de confiança de 95% ou 99% de que se tome a decisão certa. Supondo que a hipótese nula seja verdadeira e que a probabilidade de se obter um efeito devido ao erro amostral seja menor do que α , é dita significativo. Se a probabilidade for maior que α , é dita não-significativo (DANCEY & REIDEY, 2006).

Na resposta dos testes de hipóteses, um valor é comparado com o nível de significância previamente escolhido, sendo chamado de p-valor ou valor p, isto é, valor do poder do teste (BUSSAB e MORRETTIN, 2002). O p-valor (nível de significância observado) é o menor nível de significância em que H_0 seria rejeitado quando um procedimento de teste específico for usado em um determinado conjunto de dados. Assim, sintetizando:

- $P - \text{Valor} \leq \alpha$, implica na rejeição de H_0 ao nível α .
- $P - \text{Valor} > \alpha$, implica na não-rejeição de H_0 no nível α .

2.3.3 Fator de ritmo

Barnes (1977) detalha a importância de se considerar o ritmo de trabalho do operador. Apesar de ter caráter subjetivo ao analista de tempos, a definição do tempo normal só terá aplicabilidade após a avaliação do ritmo de execução dos elementos do processo estudado. Pois, como bem apontado pelo autor, as pessoas possuem velocidades de trabalho diferentes, e, ainda, é preciso considerar a possibilidade de o operador alterar intencionalmente ou não seu ritmo natural de trabalho por conta do estudo que está sendo realizado.

Dos vários sistemas de avaliação de ritmo explicados em Barnes (1977), o método mais comumente utilizado é o de avaliação de habilidade, esforço, condições e consistência, também conhecido como sistema *Westinghouse*.

Habilidade se refere ao nível de coordenação para realização de uma atividade. Enquanto que o esforço avalia o grau de desgaste físico/mental desenvolvido na atividade. Condições dizem respeito ao ambiente de trabalho ao qual o operador está exposto. Por fim, consistência consiste no grau de repetições que o operador realiza a atividade. (CAMAROTTO, 2005).

A avaliação destas variáveis segue como parâmetro tabelas com fatores de correção. A Tabela 1, a seguir, traz os coeficientes em valores decimais que corresponderão a uma porcentagem a ser adicionada ou subtraída do tempo médio obtido nas cronometragens:

Tabela 1 – Avaliação de ritmo

Habilidade			Esforço		
+0,150	A1	SUPER	+0,150	A1	EXCESSIVO
+0,140	A		+0,125	A	
+0,130	A2		+0,120	A2	
+0,110	B1	EXCELENTE	+0,100	B1	EXCELENTE
+0,095	B		+0,090	B	
+0,080	B2		+0,080	B2	
+0,060	C1	BOA	+0,050	C1	BOM
+0,045	C		+0,035	C	
+0,030	C2		+0,020	C2	
0,000	D	NORMAL	0,000	D	NORMAL
-0,050	E1	REGULAR	-0,040	E1	REGULAR
-0,075	E		-0,060	E	
-0,100	E2		-0,080	E2	
-0,160	F1	FRACA	-0,120	F1	FRACO
-0,190	F		-0,145	F	
-0,220	F2		-0,170	F2	
Condições			Consistência		
+0,06	A	Ideal	+0,04	A	Perfeita
+0,04	B	Excelente	+0,03	B	Excelente
+0,02	C	Boa	+0,01	C	Boa
0,00	D	Média	0,00	D	Média
-0,03	E	Regular	-0,02	E	Regular
-0,07	F	Fraca	-0,04	F	Fraca

Fonte: adaptado de Barnes (1977).

A fim de guiar a correta aplicação dos fatores de correção do quadro acima, diversos autores desenvolveram quadros descrevendo condições para se identificar os níveis de habilidade e esforço. Toledo Jr. e Kuratomi (1997) descrevem no Quadro 3, a seguir, tais rédeas:

Quadro 3 – Classificação de habilidade e esforço

Classificação	Habilidade	Esforço
Superior	Movimentos sempre iguais, mecânicos, comparáveis ao de uma máquina.	Se lança numa marcha impossível de manter. Não serve para o estudo de tempos.
Excelente	Precisão nos movimentos, nenhuma hesitação e ausência de erros.	Trabalha com rapidez e com movimentos precisos.
Boa	Tem confiança em si mesmo e o ritmo se mantém constante com raras hesitações.	Trabalha com constância e confiança, muito pouco ou nenhum tempo perdido.
Normal	Trabalha com exatidão satisfatória e ritmo se mantém razoavelmente constante.	Trabalha com constância e se esforça razoavelmente.
Regular	Adaptado relativamente ao trabalho, comete erros e seus movimentos são quase inseguros.	As mesmas tendências, porém, com menos intensidade.
Fraca	Não adaptado ao trabalho, comete erros e seus movimentos são inseguros.	Não adaptado ao trabalho, comete erros e seus movimentos são inseguros.

Fonte: Adaptado de Toledo Jr. e Kuratomi (1997).

2.3.4 Tempo normal

Após definido os fatores de ritmo, deve-se corrigir o tempo de ciclo obtido nas cronometragens a fim de que seja reduzido o viés do operador analisado e, assim, definido o tempo normal. Para Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018) tempo normal equivale ao ritmo normal de execução de uma atividade em condições normais de esforço e habilidade. A equação (2) permite o cálculo do tempo normal considerando a avaliação de ritmo.

$$TN = TM \times (1 + FR) \quad (\text{eq. 2})$$

Onde:

TN: tempo normal de cada elemento;

TM: tempo médio de cada elemento;

FR: fator de ritmo, sendo a soma dos quatro fatores avaliados na Quadro

2.3.

2.3.5 Avaliação de tolerâncias

Definido o tempo normal, o analista de tempos deve realizar a avaliação das tolerâncias que estarão condicionadas ao dia de trabalho do operador, visto que o tempo normal é o tempo necessário para que um colaborador qualificado realize a operação trabalhando em um ritmo normal e não considera alguns fatores, por exemplo o tempo para necessidades fisiológicas e a fadiga do trabalho. (SILVA, COIMBRA; 1980).

Barnes (1977), explana em seu livro como é calculado o fator de tolerância. O autor destrincha a tolerância em três aspectos: pessoal, fadiga e espera.

O primeiro se refere às necessidades fisiológicas do operador que para um ambiente e jornada de trabalho não extremos pode ser avaliado entre 2% até 5% por dia.

Já o segundo aspecto, espera, é avaliado com base nas especificidades do ambiente onde se está sendo realizada a cronoanálise onde eventos inesperados diretos ou indiretos do processo ocorrem. É neste momento que são levados em conta o tempo médio destinado às manutenções nas máquinas, paradas inesperadas, atrasos com recebimento de materiais, limpezas, falhas operacionais etc. Este aspecto se torna único para cada estudo de cronoanálise e exige do cronometrista o conhecimento do processo e da jornada de trabalho realizada.

Quanto à fadiga, alguns quadros foram desenvolvidos por Silva e Coimbra (1980) a fim de facilitar e objetivar a avaliação da tolerância para fadiga. São as variáveis: esforço físico; esforço mental; monotonia; e condições ambientais.

O esforço físico consiste na avaliação do grau de desgaste muscular necessitado para realização da atividade. (SOUSA, 2012). Para definir esta tolerância se utiliza a Tabela 2, a seguir:

Tabela 2 – Avaliação de esforço físico

Classificação	Representação	Descrição	Tolerância (%)
Muito leve	ML	Trabalho sentado, serviço manual, operar pesos reduzidos, movimentos de braços e de mãos.	1,8
Leve	L	Trabalho sentado, serviço manual, pequena movimentação do corpo, pequeno esforço com membros superiores ou inferiores.	3,6
Médio	M	Trabalho em pé, pequena movimentação, operar pesos médios	5,4
Pesado	P	Trabalho em pé, pode haver movimentação em torno do local, carregar, puxar ou sustentar pesos.	7,2
Muito pesado	MP	Operar de modo praticamente contínuo pesos grandes, movimentar-se por longas distâncias transportando pesos (até 20 kg).	9

Fonte: Adaptado de Silva e Coimbra (1980).

O esforço mental trata do nível de concentração e precisão de movimentos necessitado para realização da atividade (SOUSA, 2012). Para definir esta tolerância se utiliza como auxiliar a Tabela 3, a seguir:

Tabela 3 – Avaliação de esforço mental

Classificação	Representação	Descrição	Tolerância (%)
Leve	L	Serviço repetitivo e invariável, pequena responsabilidade de segurança e qualidade, trabalho que não requer decisões.	0,6
Médio	M	Responsabilidade de segurança e qualidade, requer pequenas decisões e/ou o uso de instrumentos.	1,8
Pesado	P	Grande responsabilidade em segurança e qualidade, responsabilidade pelo trabalho de outros, grande necessidade de decisões.	3

Fonte: Adaptado de Silva e Coimbra (1980).

Para analisar o grau de repetitividade de movimentos similares que um operador necessita realizar durante sua jornada de trabalho, Silva e Coimbra (1980) apresentam a Tabela 4, a seguir, para o fator de monotonia. A mesma consta no desgaste corporal fruto do uso frequente de um mesmo agrupamento muscular, ou ao grau de repetitividade de seus movimentos. (SOUSA, 2012).

Tabela 4 – Avaliação de monotonia

Duração Ciclo (Em Minutos)	Tolerância (%)
de 0,00 a 0,05	7,8
de 0,06 a 0,25	5,4
de 0,26 a 0,50	3,6
de 0,51 a 1,00	2,1
de 1,01 a 4,00	1,5
de 4,01 a 8,00	1,0
de 8,01 a 12,00	0,6
acima de 12,00	0,3
Ciclo Indistinto	1,0

Fonte: Adaptado de Silva e Coimbra (1980).

Calculado o tempo normal, o mesmo é enquadrado em um dos intervalos de duração dos ciclos do quadro acima para, então, se chegar ao fator de tolerância adequado para quantificar à monotonia.

Por fim, o cálculo do fator de tolerância para fadiga leva em questão as condições ambientais. Em que o desgaste fisiológico devido ao desconforto provocado por agentes externos no local de trabalho (temperatura, ruído, umidade etc.) sobre o operador é mensurado. As tabelas 5, 6 e 7 apresentam os valores que devem ser adicionados para as condições ambientais térmicas, atmosféricas e influências complementares, respectivamente.

Tabela 5 – Avaliação de condições ambientais térmicas

Condição	De (°C)	Até (°C)	Tolerância (%)
Gelada	0,0	7,0	3,6
Baixa	8,0	15,0	1,8
Normal	16,0	26,0	0
Alta	27,0	3,0	1,8
Excessiva	35,0	40,0	3,6

Fonte: Adaptado de Silva e Coimbra (1980).

Tabela 6 – Avaliação de condições ambientais atmosféricas

Condição	Descrição	Tolerância (%)
Gelada	Local bem ventilado, ar fresco.	0,0
Baixa	Local mal ventilado, presença de mau cheiro ou fumaça não tóxica	2,4
Normal	Alta concentração de pó, presença de fumaça ou pó tóxicos, uso obrigatório de máscara facial.	5,6

Fonte: Adaptado de Silva e Coimbra (1980).

Tabela 7 – Avaliação de condições ambientais complementares

Condição	Descrição	Tolerância	
Ruído	Baixo	0,0	
	Excessivo, obrigando o uso de protetor auricular.	1,8	
Umidade	Ambiente seco e agradável	0,0	
	Excessiva	Até 26°	1,8
		Até 40°	3,6
Vibração	Normal	0	
	Vibração excessiva no solo ou máquina	1,8	

Fonte: Adaptado de Silva e Coimbra (1980).

Outro fator, abordado por Silva e Coimbra (1980), se refere ao tempo perdido e recuperado. Este fator é mais crítico em ambientes com máquinas que não necessitam da intervenção humana. Para se determinar esta variável, são dispostas as Equações 3, 4 e 5.

$$\% \text{ tempo recuperado} = \frac{(E-F) \times 100}{E} \quad (\text{eq. 3})$$

Onde:

$$E = \text{Tempo máquina} + \text{Trabalho Manual com Máquina parada} \quad (\text{eq. 4})$$

$$F = \text{Trabalho manual} \times (\text{Máquina parada} + \text{Máquina em movimento}) \quad (\text{eq. 5})$$

Calculado o valor da porcentagem de tempo recuperador, deve-se identificar qual é o fator correspondente. Similar às outras variáveis, também existe um quadro para auxiliar a avaliação deste fator. Segue na Tabela 8. Valendo destacar que num processo de cronoanálise com ausência de máquinas automáticas, o fator para porcentagem de tempo recuperado será igual a 1,00.

Tabela 8 – Avaliação de tempo recuperado

% Tempo Recuperado	Fator
de 0 a 5	1,00
de 6 a 10	0,90
de 11 a 15	0,80
de 16 a 20	0,71
de 21 a 25	0,62
de 26 a 30	0,54
de 31 a 35	0,46
de 36 a 40	0,39
de 41 a 45	0,32
de 46 a 50	0,26
de 51 a 55	0,20
de 56 a 60	0,15

Fonte: Adaptado de Silva e Coimbra (1980).

Por fim, após definidos todos os fatores acima, é feito o cálculo do valor total que será definido como tolerância através da Equação 6.

$$Tol = [(A + B) \times C] + D \quad (\text{eq. 6})$$

Onde:

A: fator de esforço físico;

B: fator de esforço mental;

C: fator de tempo recuperado;

D: fator de monotonia.

2.3.6 Tempo-padrão

O tempo padrão é o valor pelo qual será possível definir a capacidade produtiva de um setor (COSTA *et al.*, 2008). Segundo Toledo (2004), o tempo padrão é a quantidade de tempo médio gasta por qualquer operador treinado para executar suas atividades ao longo de toda jornada de trabalho. Barnes (1977) ainda comenta o erro que muitas empresas cometem ao considerar o tempo normal como sendo o tempo padrão. Tal erro deve ser evitado, calculando-se corretamente o tempo padrão após a definição das tolerâncias. A partir da Equação 7.

$$TP = TN \times \left(1 + \frac{Tol(\%)}{100} \right) \quad (\text{eq. 7})$$

Onde:

TP: tempo padrão;

TN: tempo normal;

Tol: tolerância após avaliação dos quatro fatores.

2.4. CAPACIDADE PRODUTIVA

A capacidade de produção que define o tamanho do processo é a máxima produção que pode ser obtida com determinado processo (ou equipamento) durante dado intervalo de tempo (CORRÊA E CORRÊA, 2017).

Segundo Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), gerir a capacidade envolvendo o entendimento do comportamento da demanda por produtos, planejando e controlando os fatores de maneira eficiente, garantindo a satisfação do cliente e eficiência na produção possibilita o estreitamento entre produção e mercado, reduzindo custos de produção e mau investimentos, desde a contratação/demissão de mão de obra até a aquisição de máquinas desnecessárias.

Assim, a capacidade produtiva é uma medida crucial dentro da gestão de operações, pois, obtendo-a, é possível realizar diversos estudos e diagnósticos adequados do processo, entendendo suas limitações e possibilidades. Dando aos gestores os dados necessários para vislumbrar as causas e efeitos, por exemplo, em caso de oscilações de demanda e produção (BERTIM; SANTOS; PATIAS, 2017).

Staudt *et al.* (2011), propõe que a capacidade possa ser dividida em quatro categorias, sendo elas: capacidade instalada, capacidade disponível, capacidade efetiva, capacidade realizada. A primeira trata a capacidade máxima de uma unidade produtiva, não levando em consideração perdas e ineficiências.

2.4.1 Capacidade Disponível

Kato, Takaki e Souza (2003) consideram a capacidade disponível como a quantidade máxima possível de ser produzida dentro da jornada de trabalho desconsiderando perdas do processo. Esta capacidade pode ser definida pela divisão da carga horária (CH), pelo tempo padrão (TP) de produção de um determinado produto. Sendo calculada através da equação 8.

$$\text{Capacidade Disponível} = \frac{CH}{TP} \quad (\text{eq. 8})$$

Onde:

CH: carga horária da jornada de trabalho;

TP: tempo padrão;

2.4.2 Capacidade Efetiva

Já a capacidade efetiva, é definida pelos mesmos autores como o resultado da capacidade disponível excluídas as perdas planejadas decorrentes de paradas de produção para manutenções preventivas e mudanças de setup. Esta capacidade é obtida pela equação 9.

$$\text{Capacidade Efetiva} = \frac{CH-PP}{TP} \quad (\text{eq. 9})$$

Onde:

PP: tempo utilizado para paradas planejadas.

2.4.3 Capacidade Realizada

Por fim, a capacidade realizada traz a inclusão das perdas não planejadas sob a capacidade efetiva. Perdas não planejadas são apresentadas como manutenções corretivas não planejadas, absenteísmo, eventos ambientais, falta de insumos etc. Segundo Staudt *et al.* (2011), o cálculo da capacidade realizada se dá pela subtração das horas disponíveis (HD) menos as horas paradas não planejadas, divididas pelo tempo padrão. A equação 10 descreve o cálculo da capacidade realizada.

$$\text{Capacidade Realizada} = \frac{CH-PP-PNP}{TP} \quad (\text{eq. 10})$$

Onde:

PNP: tempo utilizado para paradas não planejadas.

2.4.4 Eficiência do processo

Embora a capacidade realizada seja um número mais realista que a capacidade disponível e efetiva, ainda não é precisa para a maioria das empresas. Para se concentrar nos números mais precisos, é utilizado a eficiência do processo.

Segundo Slack, Brandon-Jones e Johnston (2018), a razão entre a produção real e a capacidade efetiva tem como resultado a eficiência do processo, assim como representado na equação 10.

$$Eficiência (\%) = \frac{Produção\ real}{Capacidade\ efetiva} \times 100 \quad (eq. 11)$$

Depois de identificar a melhor estratégia de capacidade para as operações e taxas de eficiência, tem-se as informações necessárias para começar a planejar futuras necessidades de capacidade.

3. METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho está organizada em quatro tópicos. A Figura 2 resume o escopo a ser seguido neste trabalho.

Figura 2 – Resumo de procedimentos metodológicos

CLASSIFICAÇÃO DA PESQUISA	MAPEAMENTO DO PROCESSO	CRONOANÁLISE	AVALIAÇÃO DE MELHORIAS
Objetivo da pesquisa	Desenvolver layout atual	Registrar informações da operação e operador	Tempo padrão da operação
Natureza da pesquisa	Registrar fluxo de operações	Dividir operação em elementos	Melhorias de fluxo
Objeto de estudo	Desenvolvimento de novo layout	Obter tempos de ciclo iniciais	Capacidade produtiva real x histórica
Técnica de coleta de dados	Registro do fluxo de operações proposto	Definir do N° de ciclos ideal	
Técnica de análise de dados		Avaliar ritmo	
		Calcular tempo normal	
		Avaliar tolerâncias	
		Definir tempo padrão	

3.1 CLASSIFICAÇÃO DE PESQUISA

Para que os objetivos apresentados neste trabalho sejam atingidos, será apresentado em seguida as classificações desta pesquisa. Conforme Oliveira (2011), uma pesquisa pode ser classificada quanto: ao objetivo; à natureza; ao objeto de estudo; à técnica de coleta de dados; e à técnica de análise de dados.

Consoante à Castro (1976), quanto ao objetivo, uma pesquisa pode ser classificada como exploratória, descritiva e explicativa. Este trabalho possui caráter descritivo por desenvolver uma revisão bibliográfica sobre engenharia de métodos e processo de cronoanálise. (VERGARA, 2000). Além disso, possui caráter exploratório por constituir um estudo de caso focado na fabricação de expositores em uma empresa do setor metalúrgico. (MALHOTRA, 2001).

Tal qual Oliveira (2011), quanto à natureza, uma pesquisa pode ser classificada como qualitativa, quantitativa e qualitativa-quantitativa. Este trabalho se

enquadra como pesquisa qualitativa-quantitativa. O lado qualitativo se moldou na necessidade de certo grau de subjetividade do cronoanalista para avaliação de ritmo operador analisado. Enquanto que o aspecto quantitativo se mostrou justificável pelo fato desta pesquisa envolver diversas equações e análises estatísticas de tempos e número de ciclos (MOREIRA, 2002).

Oliveira (2001) ainda aborda as classificações da pesquisa quanto ao objeto de estudo. O autor trata que uma pesquisa pode se identificar como: estudo de caso único, estudo de casos múltiplos, estudos censitários ou estudos por amostragem (probabilístico e não-probabilístico). Este trabalho se demonstra como estudo por amostragem probabilística estratificada. Pois, as cronometragens serão realizadas aleatoriamente, independentemente e organizadas de acordo com o modelo de expositor a ser produzido. (MALHOTRA, 2001).

Seguindo para as classificações de pesquisa ao se analisar a técnica de coleta de dados, Lakatos e Marconi (2001) classificam em: entrevista, questionário, observação e pesquisa documental. Usa-se neste trabalho a observação e pesquisa documental. A primeira se justifica pelas cronometragens do processo de produção de expositores *in loco*. (CERVO; BERVIAN, 2002). Enquanto que a segunda se prova efetuado através da obtenção de dados históricos encontrados em arquivos eletrônicos pertencentes à organização de fontes primárias de apontamentos de produção disponibilizadas pela empresa estudada. (GIL, 1999).

Por fim, quanto às técnicas para análise de dados, existem diversas técnicas estatísticas que não serão listadas completamente, pois desviariam o foco deste estudo de caso. Oliveira (2001) as organiza em: análise de conteúdo; estatística descritiva uni variada e estatística multivariada. Considerando a utilização de média aritmética, amplitude e probabilidade, este trabalho se guia na estatística descritiva e na inferência para a avaliação das métricas de produção.

3.2 DESCRIÇÃO DA EMPRESA

A empresa alvo desta pesquisa atua no setor metalúrgico produzindo e distribuindo produtos como fechaduras, dobradiças, cofres digitais, puxadores, olhos mágicos, armadores e entre outros produtos que são vendidos para pequenos comércios até grandes empresas varejistas e construtoras.

Quanto ao porte, a empresa assume o nível de médio porte, localizada em Campina Grande-PB. A partir de informações cedidas pela própria metalúrgica, são mais de 55 anos de existência, o que permite a posição consolidada no mercado, como uma das principais indústrias do seu segmento. Atualmente, são mais de 1.500 itens, entre fechaduras, dobradiças, ferrolhos, puxadores, molas, entre outros. Em 2014, a empresa foi adquirida por um grupo empresarial que é líder mundial em soluções para abertura de portas, presente em mais de 70 países, com mais de 48 mil funcionários.

Sendo uma das maiores empresas metalúrgicas da região e uma das principais do país, a empresa estudada é referência para a construção civil. Ela está presente em quase todos os estados do país, sendo vendida em materiais de construção, home centers, atendendo toda a população independente de classe social ou gênero. Nas vendas B2B o time de vendas é composto por vários profissionais, onde cada um tem um papel vital para que todo o processo seja alinhado às expectativas do cliente.

Este setor engloba os processos de extração, fabricação, fundição e tratamento dos metais e suas ligas, apresentando principalmente a característica exportadora, permitindo contribuições expressivas à balança comercial do país.

A empresa levanta a missão de garantir qualidade e segurança fabricando produtos que satisfaçam as necessidades e expectativas do mercado da construção civil. Quanto a sua visão, busca-se ser a referência nacional em qualidade e segurança de produtos para a construção civil. Por fim, quanto aos seus valores, são destacados: Ética, Responsabilidade socioambiental, valorização humana, inovação, empreendedorismo, valor para acionistas e clientes.

3.3 PRODUTO ANALISADO

Apesar do foco produtivo da empresa estar na produção de itens como fechaduras e dobradiças, o produto a ser analisado para cronoanálise é o expositor em madeira. Um expositor em madeira consiste numa representação tanto do aspecto visual quanto do funcionamento do item que se pretende vender. Tais expositores são adquiridos pelos diversos varejistas e atacadistas como meio de ilustração e marketing dos produtos que foram adquiridos da empresa estudada.

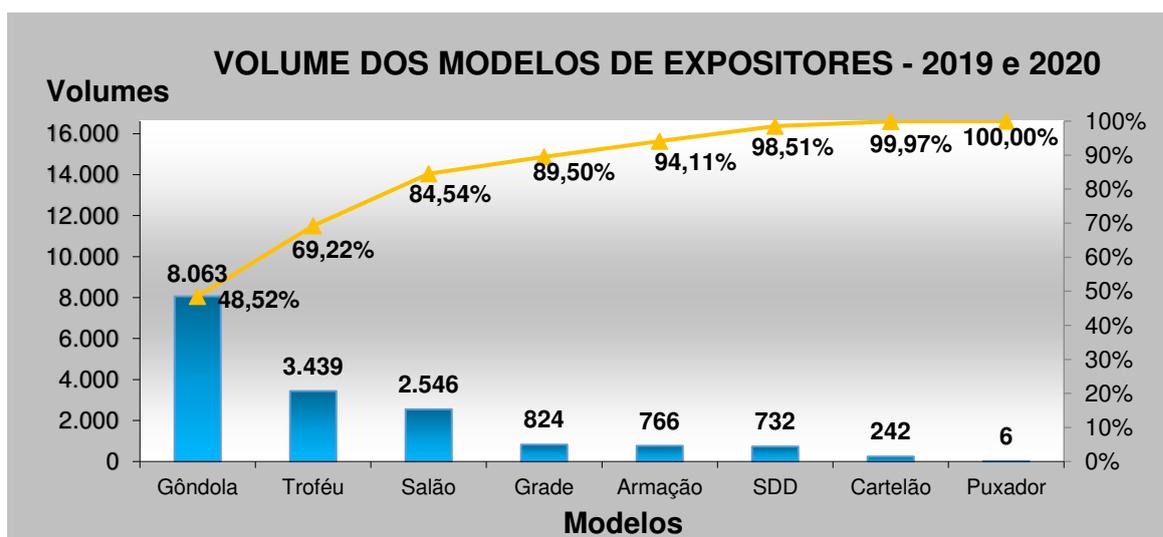
Assim, ao passo que o varejista ou atacadista realiza um pedido de compra, são incluídos também uma quantidade de expositores em madeira. Expositores estes que apresentam diversos modelos, porém o modelo alvo desse estudo está no tipo Gôndola. Visto ser o modelo mais demandado.

Por conta dos altos custos de terceirização e controle de qualidade, a empresa opta pela produção interna destes expositores. Além disso, é imprescindível que a entrega dos expositores em madeira seja feita em tempo hábil pré-definido pelo comprador. Caso contrário, o mesmo poderá cancelar todo o pedido de compra por influenciar diretamente no marketing dos produtos envolvidos (fechaduras, maçanetas, dobradiças etc.) e, conseqüentemente, na venda dos produtos ao consumidor final.

Os modelos produzidos no setor estão diversificados em: armação, cartelão, grade, gôndola, puxador, rotativo, salão, SDD e troféu. Apesar de envolverem peças e atividades similares, tomou-se o cuidado em delimitar o estudo de cronoanálise no principal modelo produzido. Sendo este definido a partir da observação do volume de vendas dos anos de 2019 e 2020.

Para auxiliar na constatação do modelo mais produzido foi utilizado o gráfico de Pareto, que se segue na Figura 3, a seguir, para melhor visualização do volume de expositores produzidos.

Figura 3 – Volume de expositores da empresa alvo anos 2019 e 2020



O Figura 3 evidencia que o expositor de modelo gôndola corresponde a mais de 48% do volume de expositores montados e embalados no setor. Logo, é

intuitivo seguir com o estudo de cronoanálise sob o expositor gôndola, visto ser o de maior impacto para os resultados de produção.

Os principais materiais presentes na produção de expositores em madeira são: cepo de madeira pré-fabricado, fechadura, par de espelhos, cilindro, par de chaves, corrente, adesivos, par de maçaneta, plástico bolha e caixa de papelão.

3.4 MAPEAMENTO DO PROCESSO

Feita a revisão da literatura, inicia-se o planejamento do estudo de caso. O local selecionado para o estudo foi uma empresa localizada na cidade de Campina Grande, Paraíba. Foi realizada visita ao setor alvo para conhecimento do processo principal, máquinas e os operadores envolvidos neste setor.

O mapeamento o processo foi organizado em quatro etapas.

Inicialmente, foi desenvolvido o arranjo físico do setor. Pois, a empresa não dispunha de tal layout. Esta etapa se posiciona como essencial para o prosseguimento do mapeamento. Para elaborar a proposta de layout, fez-se a medição do galpão onde o setor está instalado, bem como das máquinas e dos equipamentos em sua disposição física atual.

A segunda etapa se resume no registro do fluxo de operações. Esta etapa terá como alicerce a aplicação de técnicas: mapofluxograma e gráfico de Fluxo.

A terceira etapa finaliza o mapeamento do processo ao englobar o desenvolvimento de um novo layout para o setor e na reaplicação das ferramentas de mapeamento utilizadas anteriormente a fim de evidenciar as melhorias implementadas.

3.5 DESCRIÇÃO DO MAQUINÁRIO

O setor produção conta com um operador executando todas as tarefas do processo, da separação de material até a embalagem do produto final. Os maquinários utilizados são expostos na Figura 4, a seguir:

Figura 4 – Maquinário utilizado no setor

Fonte: Adaptado de Site LOJA DO MECANICO, 2021

Outras máquinas estão presentes no setor, porém não fazem parte do processo produtivo do item analisado neste trabalho. Logo, serão desconsideradas.

Quanto ao ferramental, o operador possui suas ferramentas individuais apresentados na Figura 5, a seguir:

Figura 5 – Ferramental utilizado no setor

Fonte: Adaptado de Site LOJA DO MECANICO, 2021.

Em seguida, serão apresentados dados históricos de produção coletados com o setor de planejamento e controle do setor de produção.

3.6 DADOS HISTÓRICOS

A produção de expositores em madeira é acompanhada através dos apontamentos de produção diariamente preenchidos pelos operadores, conferidos pelo setor de expedição e registrados pelo setor de manutenção industrial.

A empresa alvo forneceu o histórico de produção de expositores em madeira da modelo gôndola, do período de janeiro de 2021 até dezembro de 2021. Os dados estão representados no Figura 6 abaixo.

Figura 6 – Produção mensal de expositores Gôndola em 2021

Através do Figura 6, obtém-se que a produção média de expositores é de 717 unidades por mês.

Os objetivos a serem buscados neste trabalho estão alinhados com o aumento da capacidade de produção e padronização dos métodos do processo.

Adiante, será apresentado o tópico de resultados. Onde, serão expostas todas as etapas do mapeamento do processo e desenvolvimento da cronoanálise.

3.7 CRONOANÁLISE

A cronoanálise desenvolvida neste trabalho segue os princípios descritos por Barnes (1977), quanto ao desenvolvimento de cronoanálise, e Miguel e Souza (2012), quanto ao desenvolvimento de estudo de caso.

O processo de cronoanálise foi detalhado em oito etapas.

A primeira etapa assume a obtenção e registro de informações sobre a operação e o operador em estudo. Neste momento será descrito as principais máquinas, equipamentos e materiais utilizados no processo produtivo estudado.

A segunda etapa consiste na divisão da operação em elementos e registrar uma descrição completa do método atualmente desenvolvido tendo como auxílio o mapeamento do processo já realizado.

Seguindo, na terceira etapa será observado e registrado o tempo gasto pelo operador em uma amostragem piloto com 10 cronometragens.

Assim, obtidas as informações de tempo médio, amplitude máxima nas medições piloto e definição dos parâmetros estatísticos, chega-se na etapa quatro. Onde, será determinado o número de ciclos que devem ser cronometrados para que a cronoanálise tenha validade estatística.

Feita a cronoanálise e obtidos os tempos de ciclo, será avaliado na quinta etapa o ritmo do operador conforme critérios de habilidade, esforço, condições e consistência.

Na sexta etapa, é feito o cálculo do tempo normal. Tendo como variáveis dependentes: o tempo médio de cada elemento e o somatório dos quatro fatores de ritmo para cada elemento.

Na sétima etapa definir-se-á as tolerâncias a serem aplicadas no estudo de cronoanálise. São os fatores: esforço físico; esforço mental; monotonia; e condições ambientais.

Por fim, na oitava etapa, após determinar o tempo-padrão para cada elemento, o cálculo do tempo padrão de todo o processo é definido e a cronoanálise encerrada.

3.8 AVALIAÇÃO DE MELHORIAS

A fase final da metodologia deste trabalho se preocupará na mensuração e exaltação das melhorias aplicadas ao setor, estabelecimento do tempo padrão para o processo estudado e comparação entre a capacidade produtiva real do setor e os dados históricos de produção registrados e fornecidos pela empresa.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 MAPEAMENTO DO PROCESSO

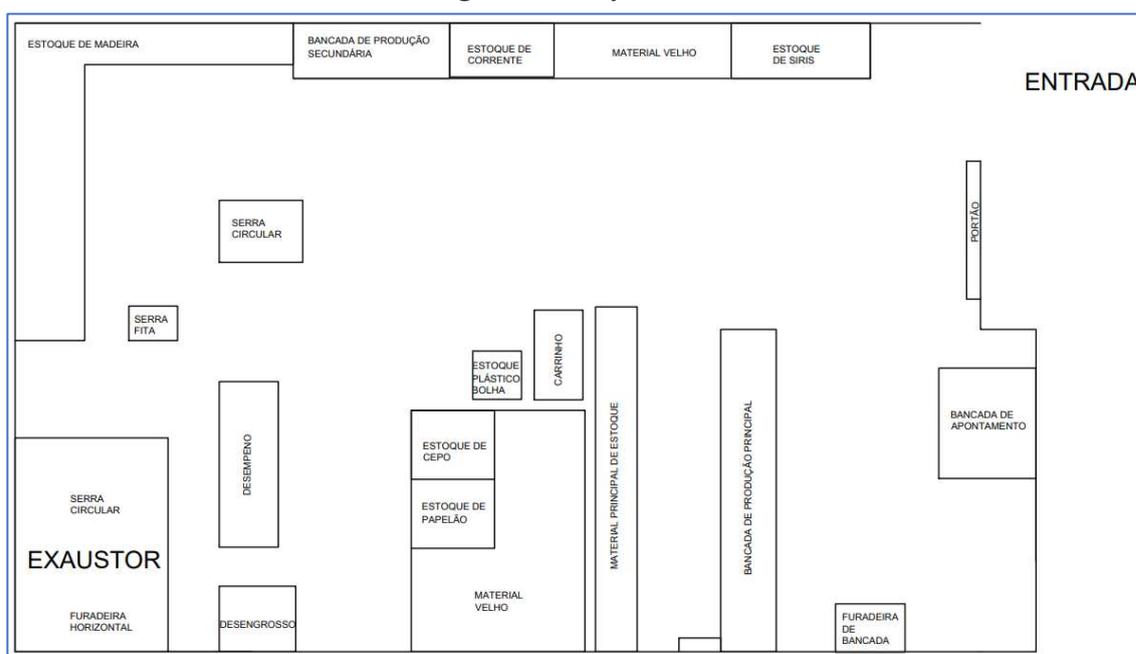
5.1.1 Layout atual

Para iniciar os estudos de mapeamento de processo, foi necessário representar o layout do setor estudado, visto que a empresa não dispunha de tal desenho técnico. Foram considerados no layout as máquinas, bancadas, estantes e demais itens diretamente relacionados ao processo de produção de expositores em madeira e que ocupavam espaço considerável no setor.

O software utilizado para auxiliar nesta tarefa foi o AutoCAD 2021 através da licença gratuita para estudantes. Vale salientar que o foco principal do layout construído está no mapeamento do processo.

Ao longo do mapeamento do processo, foi utilizado como base o layout representado na Figura 7, onde algumas formatações e normas foram desconsideradas a fim de facilitar a visualização do fluxo produtivo realizado pelos operadores. Em anexo, pode ser analisado o arranjo físico com as devidas cotas para avaliação das informações coletadas.

Figura 7 – Layout atual

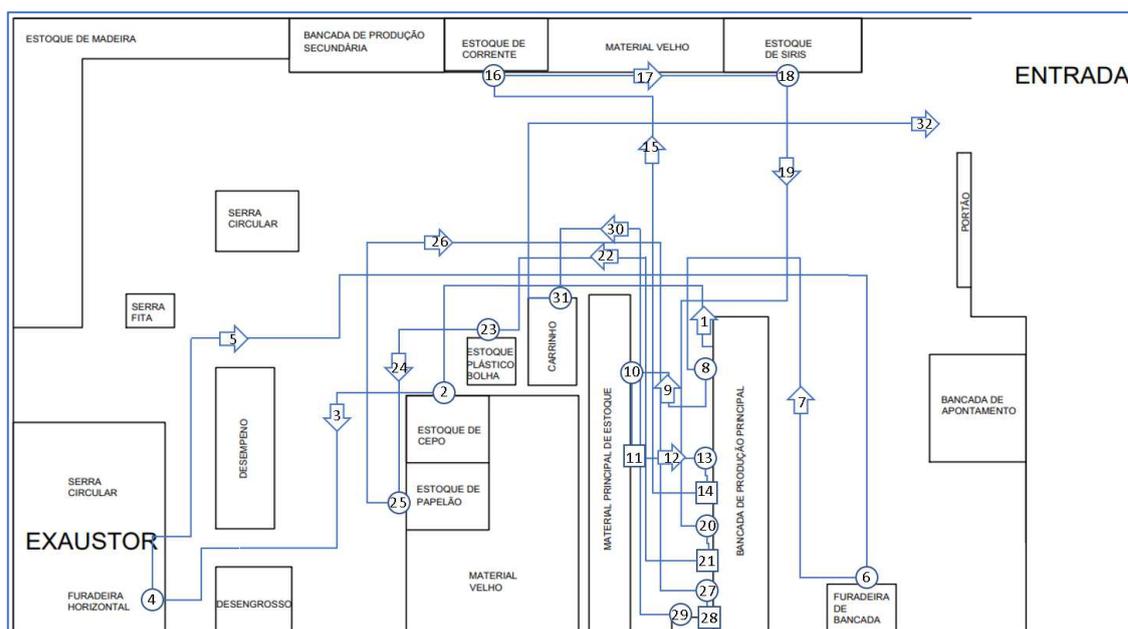


5.1.2 Mapeamento do processo atual

Neste tópico será apresentado os resultados obtidos na aplicação das ferramentas de mapofluxograma e gráfico de fluxo sobre o arranjo físico atual do setor analisado.

Após o desenvolvimento do layout atual do setor analisado, foi aplicada a ferramenta do mapofluxograma (Figura 8) para a melhor visualização do fluxo de tarefas realizadas pelo operador.

Figura 8 – Mapofluxograma do layout atual



Instantaneamente, percebe-se o excesso de movimentações realizadas pelo operador e o quão o fluxo produtivo apresenta cruzamentos. O objetivo maior na elaboração do novo layout será: reduzir as distâncias percorridas; melhor gestão visual do setor; e desenvolver um fluxo que permita o melhor proveito das máquinas e bancadas.

Em seguida, foi aplicada a ferramenta de gráfico de fluxo a fim de melhor apresentar as distâncias percorridas e o sequenciamento das tarefas realizadas pelo operador. Abaixo, segue Tabela 9 com dados do gráfico de fluxo.

Tabela 9 – Gráfico de fluxo do layout atual

MÉTODO ATUAL: <input checked="" type="checkbox"/> X		GRÁFICO DE FLUXO DO PROCESSO		
MÉTODO PROPOSTOS: <input type="checkbox"/>		PROCESSO: Produção de expositores em madeira		
SETOR: Carpintaria DATA: 17/11/21				
Nº DA TAREFA	DISTÂNCIA (metros)	SÍMBOLOS DO GRÁFICO	DESCRIÇÃO DO PROCESSO	
1	7,5	○ → □ D ▽	Ir até estoque de cepos de madeira	
2		● → □ D ▽	Coletar modelo de cepo	
3	8,1	○ → □ D ▽	Ir até furadeira horizontal	
4		● → □ D ▽	Furar e ajustar	
5	17	○ → □ D ▽	Ir até a furadeira de bancada	
6		● → □ D ▽	Cortar e ajustar	
7	7	○ → □ D ▽	Ir até a bancada de produção principal	
8		● → □ D ▽	Deixar cepo sobre a bancada	
9	0.8	○ → □ D ▽	Ir até a estante com material de estoque	
10		● → □ D ▽	Coletar itens para montagem do expositor	
11		○ → ■ D ▽	inspecionar qualidade das peças	
12	0.8	○ → □ D ▽	Ir até a bancada de produção principal	
13		● → □ D ▽	Montar expositor em madeira	
14		○ → ■ D ▽	inspecionar qualidade do conjunto fechadura-cilindro	
15	8,25	○ → □ D ▽	Ir até estante com estoque de corrente	
16		● → □ D ▽	Cortar e separar 15cm de corrente	
17	4,3	○ → □ D ▽	Ir até estoque de siris	
18		● → □ D ▽	Coletar par de siris	
19	5,7	○ → □ D ▽	Ir até bancada de produção principal	
20		● → □ D ▽	Realizar montagem	
21		○ → ■ D ▽	inspecionar qualidade do siri e corrente	
22	10,2	○ → □ D ▽	Ir até estoque de plástico bolha	
23		● → □ D ▽	Cortar quantidade necessária para embalagem	
24	2,5	○ → □ D ▽	Ir até estoque de caixa de papelão	
25		● → □ D ▽	Separar papelão e preparar para embalagem	
26	12,2	○ → □ D ▽	Ir até bancada de produção principal	
27		● → □ D ▽	Separar e colocar etiquetas no expositor	
28		○ → ■ D ▽	inspecionar qualidade geral do produto	
29		● → □ D ▽	Embalar produto	
30	7,1	○ → □ D ▽	Ir até carrinho	
31		● → □ D ▽	Colocar caixas o carrinho	
32	9,55	○ → □ D ▽	Transportar produto final até o setor de expedição	
TOTAL	99,4	● OPERAÇÃO → TRANSPORTE ■ INSPEÇÃO ● ESPERA ▽ ARMAZENAMENTO		

Ao constatar que 99,4 metros são percorridos na produção de apenas um expositor em madeira, o desgaste físico e a perda de produtividade são expressivos.

A melhor descrição dos elementos e tempos envolvidos nos elementos do processo serão abordados no início da cronoanálise sob o novo layout implantado.

5.1.3 Layout implantado

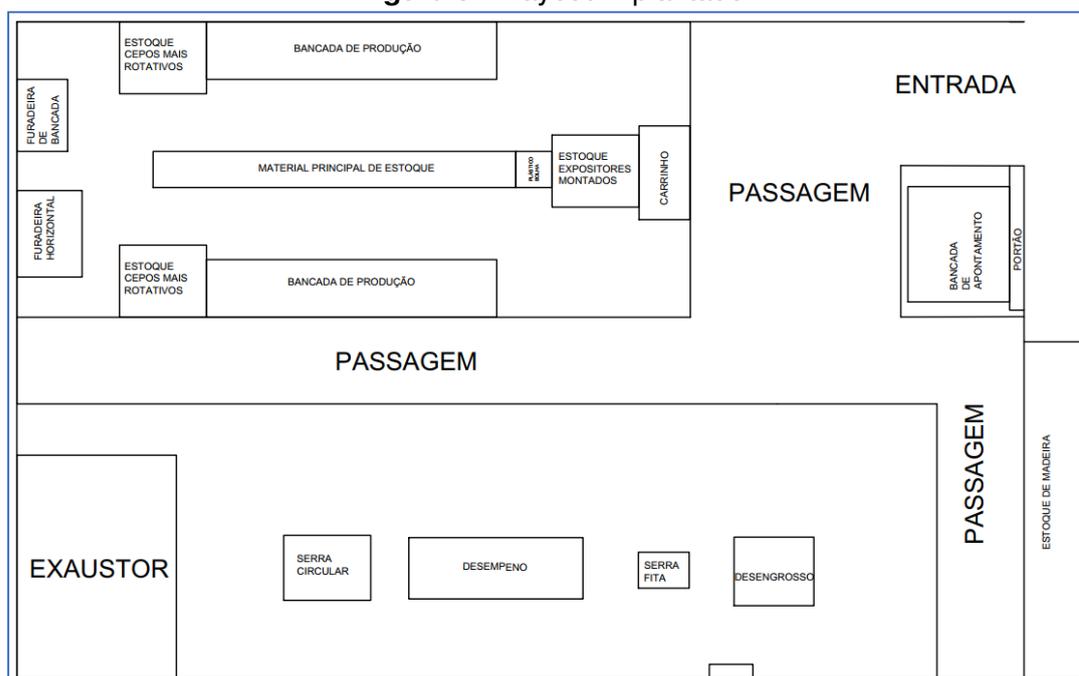
Após mapeado o layout atual do setor e percebidas as oportunidades de melhoria, foi desenvolvido um novo layout para o setor representado na Figura 9 a fim de facilitar o estudo de mapeamento.

Na elaboração da proposta de layout, foram levados em conta fatores como as limitações existentes no galpão, a disposição atual das máquinas e o nível de utilização de cada equipamento. Como a variedade de produtos é grande, porém similar, procurou-se criar um layout no qual o fluxo ocorre de forma facilitada para todas as famílias de produtos. O tipo de layout predominante é o de processo, mas também foram utilizados princípios do layout celular em alguns locais, aproximando máquinas de setores diferentes a fim de otimizar o fluxo.

Para o dimensionamento das áreas, procurou-se fazer uso dos conceitos e cálculos vistos na revisão da literatura. Os corredores de circulação principais foram dimensionados com largura de 1,20 metros, respeitando os limites de segurança, peças e também para o caso de futuras aquisições de máquinas e aumento no número de colaboradores.

O layout implantado pode ser consultado com as devidas cotas nas figuras em anexo. A seguir, está apresentado o *layout* que foi proposto e, após avaliação, *brainstorming* com os principais envolvidos e aprovação dos gestores, seguiu-se com a implementação:

Figura 9 – Layout implantado



O novo arranjo físico foi desenvolvido tendo como primeiro objetivo reduzir as distâncias entre os principais itens envolvidos no processo de fabricação de expositores em madeira. Para tanto:

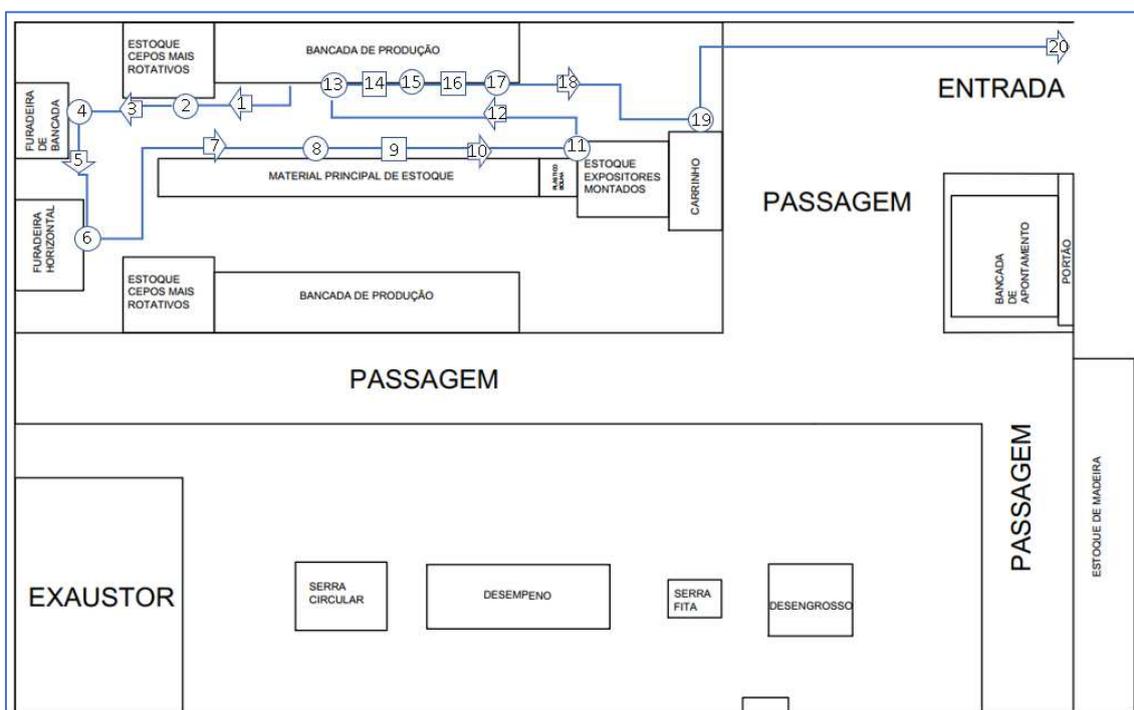
- Foi identificado que as únicas máquinas realmente utilizadas no processo são: furadeira de bancada e furadeira horizontal. Logo, as demais máquinas foram realocadas em local separado da região de fabricação de expositores;
- O setor não possuía nenhum tipo de demarcação que delimitasse a passagem de operadores ou área de produção. Com isso, foi definido ao longo de todo o setor as faixas para circulação;
- A disposição das bancadas e materiais apresentavam vários problemas, entre eles: distanciamento e não sequenciamento lógico. Com isso, foi definido o local dos estoques posicionados numa sequência natural da montagem do produto;
- Algumas bancadas não apropriadamente usadas foram realocadas para possibilitar o aumento de capacidade no setor. Visto que o mesmo poderá contar com uma expansão de outra unidade de produção independente;
- Gestão visual foi incorporada ao setor de forma que a área para produção de expositores em madeira ficará separada da área destinada a produção de pallets de madeira que atualmente também é realizado no setor.

5.1.4 Mapeamento do processo proposto

Neste instante, foram utilizadas novamente as ferramentas mapofluxograma e gráfico de fluxo a fim de se constatar as melhorias efetuadas no setor.

A Figura 10 apresenta o mapofluxograma após as modificações no arranjo físico considerando o fluxo de apenas uma bancada de produção.

Figura 10 – Mapofluxograma do layout implantado



Percebe-se que no mapeamento inicial, quatorze tarefas foram identificadas como transporte. Enquanto no novo mapeamento, houve uma redução para oito tarefas relacionadas ao transporte. Esta melhoria foi obtida, principalmente, graças à: melhor utilização das estantes de estoque, concentrando os itens com maior rotatividade; e no melhor alinhamento dos itens envolvidos no processo.

A redução das distâncias percorridas foi mais bem analisada após a Tabela 10 referentes ao gráfico de fluxo do processo sob o layout implantado.

Tabela 10 – Gráfico de fluxo do layout implantado

MÉTODO ATUAL: <input type="checkbox"/>		GRÁFICO DE FLUXO DO PROCESSO		
MÉTODO PROPOSTOS: <input checked="" type="checkbox"/>		PROCESSO: Produção de expositores em madeira		
SETOR: Carpintaria DATA: 26/11/21				
Nº DA TAREFA	DISTÂNCIA (metros)	SÍMBOLOS DO GRÁFICO	DESCRIÇÃO DO PROCESSO	
1	0,5	○ → □ D ▽	Ir até estoque de cepos de madeira	
2		● → □ D ▽	Coletar modelo de cepo	
3	0,5	○ → □ D ▽	Ir até furadeira de bancada	
4		● → □ D ▽	Cortar e ajustar	
5	1	○ → □ D ▽	Ir até a furadeira de horizontal	
6		● → □ D ▽	Furar e ajustar	
7	3,2	○ → □ D ▽	Ir até a estante com material de estoque	
8		● → □ D ▽	Coletar itens para montagem do expositor	
9		○ → ■ □ D ▽	inspecionar qualidade das peças	
10	2,5	○ → □ D ▽	Ir até estoque de plástico bolha	
11		● → □ D ▽	Cortar quantidade necessária para embalagem	
12	3	○ → □ D ▽	Ir até a bancada de produção principal	
13		● → □ D ▽	Montar expositor em madeira	
14		○ → ■ □ D ▽	inspecionar qualidade do conjunto fechadura-cilindro	
15		● → □ D ▽	Separar e colocar etiquetas no expositor Cortar e separar 15cm de corrente, Realizar montagem , Preparar papelão para embalagem,	
16		○ → ■ □ D ▽	inspecionar qualidade geral do produto	
17		● → □ D ▽	Embarcar produto	
18	2,5	○ → □ D ▽	Ir até carrinho	
19		● → □ D ▽	Colocar caixas o carrinho	
20	3	○ → □ D ▽	Transportar produto final até o setor de expedição	
TOTAL	16,2	● OPERAÇÃO → TRANSPORTE ■ INSPEÇÃO ● ESPERA ▽ ARMAZENAMENTO		

O novo gráfico de fluxo apontou que para produção de um expositor, são percorridos cerca de 16,20 metros. Na tarefa 5.2, foi possível incorporar quatro tarefas que anteriormente estavam separadas por necessidade de percorrer grandes distâncias entre as mesmas. No layout e método proposto, o colaborador consegue realizar todas as quatro tarefas sem necessitar de movimentação/transporte considerável.

Valendo destacar que tais tarefas serão mais bem detalhadas e mensuradas na iniciação da cronoanálise. Visto que é imprescindível a correta definição, divisão, e mensuração de tempo dos elementos que compõem o processo estudado.

Logo, a proposta do novo layout emitiu uma redução de aproximadamente 84% no tempo utilizado com transporte e movimentação. Conseqüentemente, a produtividade do setor foi impactada positivamente.

5.2 CRONOANÁLISE

5.2.1 Amostragem inicial

Após serem definidos os elementos da operação com base nas precauções apresentadas por Barnes (1977), foi realizada uma amostragem inicial de 10 cronometragens, conforme recomendação literária, junto ao operador. Para, em seguida, ser verificado o número ideal de medições conforme a validação estatística da cronoanálise.

Os tempos e elementos resultados da amostragem inicial se encontram na Tabela 11, a seguir:

Tabela 11 – Medições da amostragem preliminar

N° elemento	Sequência operacional	Cronometragens (segundos)										Tempo médio (s)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Serrar cepo de madeira	52,836	51,078	55,274	56,312	51,582	52,740	55,484	53,002	50,698	54,832	53,384
2	Furar cepo de madeira	43,122	38,442	39,384	36,026	42,066	42,576	42,470	40,776	39,814	45,114	40,979
3	Coletar itens para montagem	28,030	29,552	27,844	27,828	27,506	26,000	27,512	27,500	28,184	28,478	27,843
4	Cortar e separar corrente	19,430	12,680	16,312	12,790	19,980	15,974	14,132	20,550	16,542	14,652	16,304
5	Cortar plástico bolha	23,060	22,142	20,892	20,216	19,724	21,658	21,642	19,412	20,910	22,966	21,262
6	Montar fechadura	21,652	19,022	23,612	25,140	26,564	17,252	17,706	19,290	21,866	21,654	21,376
7	Montar cilindro	24,142	24,348	24,404	24,482	24,022	23,074	23,236	22,264	25,018	24,250	23,924
8	Montar maçaneta	21,066	19,194	19,808	16,044	18,282	17,402	23,864	15,414	19,226	18,846	18,915
9	Montar espelho	13,658	15,998	17,294	15,514	15,754	16,000	17,978	14,958	18,848	16,662	16,266
10	Montar chave e corrente	26,328	29,622	26,448	37,070	21,974	30,664	28,096	24,854	27,614	31,476	28,415
11	Colocar etiquetas	39,808	39,318	39,558	39,458	40,086	39,396	38,570	39,424	40,286	41,686	39,759
12	Montar siris	23,554	24,520	25,038	23,942	25,008	24,162	24,000	23,788	22,230	23,792	24,003
13	Embalar expositor com plástico bolha	15,250	12,256	13,646	14,000	13,048	13,064	13,244	13,000	14,902	13,314	13,572
14	Empacotar produto em caixa de papelão	9,538	9,012	8,566	10,938	11,890	9,376	9,670	8,290	9,750	8,048	9,508
15	Colocar caixa no carrinho	10,924	9,860	9,374	12,012	10,690	9,958	9,714	8,618	9,836	9,184	10,017
											Total	365,528

5.2.2 Determinação do número de ciclos

Para o cálculo do número de ciclos, confirmou-se, primeiramente, se os dados obtidos possuem uma distribuição normal de probabilidade, possibilitando a utilização do coeficiente de probabilidade de 95%, o mais indicado pelos autores Peinado e Graeml (2007), para validação estatística.

Com auxílio do software Minitab 19, versão gratuita para estudantes, verificou-se a normalidade de todos os elementos das 10 medições realizadas na amostragem preliminar através do teste de Anderson Darling, bem como a sumarização de algumas estatísticas descritivas que serão utilizadas no cálculo do número de ciclos. Tais informações estão apresentadas na Tabela 12.

Tabela 12 – Análise de normalidade dos dados amostrais

N° Elemento	Sequência operacional	Tempo normal (min)	Fator de tolerância	Tempo padrão (min)
1	Serrar cepo de madeira	1,105	13,7%	1,257
2	Furar cepo de madeira	0,785	14,3%	0,897
3	Coletar itens para montagem	0,534	12,5%	0,601
4	Cortar e separar corrente	0,321	14,0%	0,366
5	Cortar plástico bolha	0,397	14,0%	0,453
6	Montar fechadura	0,387	15,8%	0,448
7	Montar cilindro	0,428	15,8%	0,495
8	Montar maçaneta	0,338	15,8%	0,391
9	Montar espelho	0,310	15,8%	0,359
10	Montar chave e corrente	0,448	15,8%	0,519
11	Colocar etiquetas	0,650	14,3%	0,743
12	Montar sirís	0,392	14,0%	0,447
13	Embalar expositor com plástico bolha	0,222	15,8%	0,257
14	Empacotar produto em caixa de papelão	0,136	15,8%	0,158
15	Colocar caixa no carrinho	0,127	15,8%	0,147
Total				7,536

Conforme Tabela 5.4, percebe-se que todos os elementos analisados na cronoanálise apresentaram um P-valor superior a 0,05. Indicando que os dados da amostragem inicial obedecem a uma distribuição de probabilidade normal.

Constatada a natureza normal dos dados da amostragem, seguiu-se para o cálculo do número de ciclos necessárias para satisfazer os requisitos estatísticos do processo analisado. Considerando um coeficiente de 95%, com $Z(95\%) = 1,96$, erro relativo das medições de 5% e o valor de $D_2(10) = 3,078$ devido as 10 cronometragens iniciais, a Tabela 13 apresenta os números de ciclos calculados segundo a equação (1) exibida no referencial teórico.

Tabela 13 – Cálculo do número de ciclos para cada elemento

N° elemento	Sequência operacional	A	B	C	N° DE CICLOS
		ZxR	$Er x Dz x \bar{X}$	A / B	C^2
1	Serrar cepo de madeira	11,003	8,216	1,339	1,794
2	Furar cepo de madeira	17,812	6,307	2,824	7,977
3	Coletar itens para montagem	6,962	4,285	1,625	2,640
4	Cortar e separar corrente	15,425	2,509	6,147	37,791
5	Cortar plástico bolha	7,150	3,272	2,185	4,775
6	Montar fechadura	18,252	3,290	5,548	30,781
7	Montar cilindro	5,398	3,682	1,466	2,149
8	Montar maçaneta	16,562	2,911	5,690	32,371
9	Montar espelho	10,172	2,503	4,063	16,512
10	Montar chave e corrente	29,588	4,373	6,766	45,780
11	Colocar etiquetas	6,107	6,119	0,998	0,996
12	Montar siris	5,504	3,694	1,490	2,220
13	Embalar expositor com plástico bolha	5,868	2,089	2,809	7,893
14	Empacotar produto em caixa de papelão	7,530	1,463	5,146	26,484
15	Colocar caixa no carrinho	6,652	1,542	4,315	18,620

Destacando a utilização do arredondamento dos valores para o total de três casas decimais, a Tabela 5.5 contém o número de ciclos, ou seja, o número de medições de tempo necessárias para cada elemento da sequência operacional. Sendo o maior número de ciclos igual a quarenta e seis ciclos, respectivo do elemento 10 - montar chave e corrente.

Como é buscada a menor interferência de ruídos e inconsistências nas análises deste trabalho, foi considerado o número de 46 novas medições como a quantidade ideal e a ser coletada para todos os elementos listados na sequência operacional mesmo que os cálculos demonstrem uma necessidade menor para tais objetivos.

5.2.3 Coleta de tempos

Definida a necessidade de se realizar as novas medições de tempo, mediuse 46 novas tomadas de tempo para todos os elementos da sequência operacional para produção de expositores do modelo Gôndola. Tais dados estão apresentados nas folhas de coleta no tópico de anexos. O resumo do comportamento dos dados finais está exibido na Tabela 14 a seguir:

Tabela 14 – Dados da amostragem final do estudo de cronoanálise

Nº elemento	Sequência operacional	Média	Desvio	Amplitude	P-valor
1	Serrar cepo de madeira	53,480	0,815	3,417	0,856
2	Furar cepo de madeira	40,942	1,338	6,279	0,365
3	Coletar itens para montagem	27,851	0,400	1,505	0,177
4	Cortar e separar corrente	16,524	1,562	7,231	0,532
5	Cortar plástico bolha	21,279	0,686	3,044	0,442
6	Montar fechadura	21,678	1,435	6,698	0,856
7	Montar cilindro	23,978	0,433	1,900	0,917
8	Montar maçaneta	19,297	1,024	5,072	0,665
9	Montar espelho	16,100	0,789	3,214	0,305
10	Montar chave e corrente	28,009	2,354	11,242	0,125
11	Colocar etiquetas	39,791	0,438	1,658	0,083
12	Montar siris	24,012	0,411	1,800	0,589
13	Embalar expositor com plástico bolha	13,591	0,505	2,176	0,902
14	Empacotar produto em caixa de papelão	9,499	0,472	2,150	0,660
15	Colocar caixa no carrinho	10,041	0,315	1,568	0,122
Tempo médio (s)		366,072			

Registradas e calculadas os dados acima, constatou-se que os dados ainda continuam seguindo comportamento normal e, assim, foram obtidos os tempos médios para cada elemento da operação de montagem de expositores gôndola bem como o tempo médio total de 366,072 segundos para realização de toda sequência operacional.

A seguir serão abordados os aspectos comportamentais e ambientais a fim de que seja calculado o fator de ritmo.

5.2.4 Fator de ritmo

Após a obtenção dos tempos médios de cada operação, foi realizada uma análise de esforço, habilidade, condições e consistência do operador. Os coeficientes utilizados para normalização podem ser revistos o Quadro 1 exposta no referencial teórico. Além disso, com base nas classificações e exemplificações de Toledo JR e Kuratomi (1997), analisou-se o operador ao longo de uma jornada de trabalho a fim de se aplicar corretamente os fatores de correção de ritmo.

Como o colaborador em questão possui grande experiência com os artigos devido a trabalhar na empresa há alguns anos, não houve registro de problemas quanto à insegurança de seus movimentos. Entretanto, seu nível de habilidade foi considerado excelente ao invés de “super” pelo fato de ele realizar, esporadicamente, movimentos sem padrão e precisão. Além do mais, durante a seleção dos materiais de estoque nas estantes e posicionamento de suas ferramentas de trabalho na

bancada de operação foi percebido desatenção e desorganização em alguns momentos.

Quanto ao esforço percebeu-se que não havia um método de trabalho, utilizavam-se movimentos diferentes para realizar a mesma tarefa, e por muitas vezes estes métodos tornavam-se ineficientes. Por fim, foi definido o nível de esforço regular devido à baixa constância e muito tempo perdido observado na jornada de trabalho.

Quanto às condições presentes no ambiente de trabalho foram apontadas como nível médio, pois cumpre as normas regulamentadoras e a legislação de um modo geral. Além disso, a característica do processo produtivo é considerada como não grave e de desgaste físico regular.

Por fim, o fator de consistência do operador foi classificado como excelente, pois foi observada uma pequena quantidade de movimentos repetitivos. Além disso, durante toda a jornada de trabalho a quantidade de expositores produzidos é relativamente baixa em comparação aos demais produtos e setores da empresa.

Logo, o fator de ritmo final obtido através da observação direta para o estudo de cronoanálise segue resumido na Tabela 15, a seguir:

Tabela 15 – Avaliação do fator de ritmo por observação direta

N° Elemento	Sequência operacional	Avaliação de ritmo				Fator (%)
		Habilidade	Esforço	Condições	Consistência	
1	Serrar cepo de madeira	C	B	C	D	24,00%
2	Furar cepo de madeira	D	C	C	D	15,00%
3	Coletar itens para montagem	E2	C	C	D	15,00%
4	Cortar e separar corrente	F1	C1	C	D	16,50%
5	Cortar plástico bolha	C	C2	C	D	12,00%
6	Montar fechadura	C2	D	C	D	7,00%
7	Montar cilindro	C2	D	C	D	7,00%
8	Montar maçaneta	D	D	C	D	5,00%
9	Montar espelho	D	D	C	D	5,00%
10	Montar chave e corrente	B	E	C	D	-4,00%
11	Colocar etiquetas	B	E1	C	D	-2,00%
12	Montar siris	D	E1	C	D	-2,00%
13	Embalar expositor com plástico bolha	A2	E2	C	D	-2,00%
14	Empacotar produto em caixa de papelão	B	E1	D	D	-14,00%
15	Colocar caixa no carrinho	B2	E1	D	D	-24,00%

Neste tópico, buscou-se adequar o tempo cronometrado aos fatores específicos do operador, pois mesmo escolhendo o “trabalhador experiente” para usar como base para os cálculos, existem muitas variações entre cada indivíduo, e é nesta etapa do estudo de tempos que esses fatores serão considerados para, a seguir, se calcular o tempo normal (TN).

5.2.5 Tempo normal

Definidos os tempos de ciclos para montagem e embalagem do expositor de madeira gôndola e calculado o fator de ritmo para cada elemento, foi possível calcular o tempo normal (TN) seguindo a equação 2 onde é multiplicado o valor do tempo médio e o fator de ritmo. Tem-se os tempos normais de cada elemento na Tabela 16, a seguir:

Tabela 16 – Tempos normais calculados

Nº Elemento	Sequência operacional	Tempo médio (s)	Tempo médio (min)	Fator (%)	Tempo normal (min)
1	Serrar cepo de madeira	53,480	0,891	24,00%	1,105
2	Furar cepo de madeira	40,942	0,682	15,00%	0,785
3	Coletar itens para montagem	27,851	0,464	15,00%	0,534
4	Cortar e separar corrente	16,524	0,275	16,50%	0,321
5	Cortar plástico bolha	21,279	0,355	12,00%	0,397
6	Montar fechadura	21,678	0,361	7,00%	0,387
7	Montar cilindro	23,978	0,400	7,00%	0,428
8	Montar maçaneta	19,297	0,322	5,00%	0,338
9	Montar espelho	17,698	0,295	5,00%	0,310
10	Montar chave e corrente	28,009	0,467	-4,00%	0,448
11	Colocar etiquetas	39,791	0,663	-2,00%	0,650
12	Montar siris	24,012	0,400	-2,00%	0,392
13	Embalar expositor com plástico bolha	13,591	0,227	-2,00%	0,222
14	Empacotar produto em caixa de papelão	9,499	0,158	-14,00%	0,136
15	Colocar caixa no carrinho	10,041	0,167	-24,00%	0,127
	Total	367,671	6,128		6,579

Como está apresentado na tabela 5.8, o tempo normal calculado para execução de toda operação para montagem e embalagem de um expositor está posto em 6,579 minutos (6,0 minutos e 35 segundos).

Após calculado o tempo normal, o estudo de cronoanálise avança para a avaliação do fator de tolerância que foi aplicado para obtenção do tempo padrão da operação.

5.2.6 Determinação do fator de tolerância

Definido o tempo normal de 6,579 minutos para montagem e embalagem do expositor de madeira gôndola, o estudo avança para cálculo do fator de tolerância que foi necessário para definição do tempo padrão.

Primeiramente foi utilizado o limite comumente utilizado pelas empresas referente ao tempo gasto pelo operador para suas necessidades pessoais, limite esse de 5% da jornada de trabalho.

Quanto ao esforço físico, foi levado em consideração que o operador realiza suas atividades em pé, com movimentos curtos, deslocamentos médios ao longo do layout implantado e levanta pesos leves em curtos espaços de tempo visto que os expositores pesam em média 4,0 quilos e o manuseio da peça é feita apoiada sobre a bancada ao nível da cintura.

O desgaste mental foi o próximo fator avaliado. Onde se foi observado que o operador necessita de um nível de concentração médio para se atentar às imperfeições nas peças coletadas, atenção para que não arranhe o produto e qualidade geral do produto após estar embalado. Porém, não é presente grande responsabilidade de segurança e tomada de decisões.

Seguindo, ao ser avaliado o grau de repetitividade dos movimentos no fator de monotonia, foi seguida a tabela desenvolvida por Silva e Coimbra (1980) em que define o abono de acordo com a duração do ciclo para cada elemento da operação.

A avaliação das condições ambientais exigiu a análise das condições térmicas, atmosféricas e os níveis de ruído, umidade e vibração presentes no local de trabalho. Pelo fato de todo operador ser obrigado a utilizar protetor auricular, o nível de ruído do ambiente é classificado como alto. Com exceção do nível de ruído, demais condições ambientais indicaram níveis normais e, assim, não foi necessário abono para o tempo normal para tais.

O abono para tempo perdido e recuperado foi necessário ser alinhado com os líderes de manutenção mecânica e elétrica da empresa. Pois como o processo analisado não conta com máquinas automáticas restou considerar os tempos perdidos com manutenções. Sendo baseados nos registros de ordens de manutenção dos anos anteriores, obteve-se o valor de 2,0% que identificados no intervalo de 0 a 5 da Quadro 2.10, imprimem um fator de 1,0 sobre o tempo normal. Logo este fator foi desprezível para os cálculos de tolerâncias. Abaixo segue a Tabela 17 detalhada com as classificações e abonos respectivos para avaliação de esforço físico, mental, monotonia e condições ambientais.

Tabela 17 – Avaliação fator de fadiga

N° Elemento	Sequência operacional	Necessidades pessoais	Esforço físico		Esforço mental		Monotonia		Condições ambientais		Fator de tolerância
			Classificação	Fator	Classificação	Fator	Classificação	Fator	Classificação	Fator	
1	Serrar cepo de madeira	5,0%	M	5,4%	L	0,6%	de 1,01 a 4,00	1,5%	Alto	1,8%	13,7%
2	Furar cepo de madeira	5,0%	M	5,4%	L	0,6%	de 0,51 a 1,00	2,1%			14,3%
3	Coletar itens para montagem	5,0%	L	3,6%	M	1,8%	de 0,51 a 1,00	2,1%			12,5%
4	Cortar e separar corrente	5,0%	L	3,6%	L	0,6%	de 0,26 a 0,50	3,6%			14,0%
5	Cortar plástico bolha	5,0%	L	3,6%	L	0,6%	de 0,26 a 0,50	3,6%			14,0%
6	Montar fechadura	5,0%	M	5,4%	M	1,8%	de 0,26 a 0,50	3,6%			15,8%
7	Montar cilindro	5,0%	M	5,4%	M	1,8%	de 0,26 a 0,50	3,6%			15,8%
8	Montar maçaneta	5,0%	M	5,4%	M	1,8%	de 0,26 a 0,50	3,6%			15,8%
9	Montar espelho	5,0%	M	5,4%	M	1,8%	de 0,26 a 0,50	3,6%			15,8%
10	Montar chave e corrente	5,0%	M	5,4%	M	1,8%	de 0,26 a 0,50	3,6%			15,8%
11	Colocar etiquetas	5,0%	M	5,4%	M	1,8%	de 0,51 a 1,00	2,1%			14,3%
12	Montar siris	5,0%	L	3,6%	L	0,6%	de 0,26 a 0,50	3,6%			14,0%
13	Embalar expositor com plástico bolha	5,0%	L	3,6%	L	0,6%	de 0,06 a 0,25	5,4%			15,8%
14	Empacotar produto em caixa de papelão	5,0%	L	3,6%	L	0,6%	de 0,06 a 0,25	5,4%			15,8%
15	Colocar caixa no carrinho	5,0%	L	3,6%	L	0,6%	de 0,06 a 0,25	5,4%			15,8%

É importante destacar novamente a variável de subjetividade envolvida nas análises das classificações de fator de ritmo e de fadiga. Sendo minimizada pelo conhecimento do processo produtivo por parte do autor, alto número de cronometragens realizadas seguindo os mesmos parâmetros de execução e análise e a expertise em estudos de tempos e movimentos por parte do orientador deste trabalho.

Avaliado e estabelecido os abonos referentes ao fator de fadiga para cada elemento do processo estudado, o trabalho segue para o cálculo do tempo padrão.

5.2.7 Determinação do tempo padrão

Após a realização de todas as etapas anteriores, realizou-se o cálculo do tempo padrão.

A partir da equação 7 o tempo padrão foi dado pelo o resultado da multiplicação do tempo normal pelo fator de fadiga. Os cálculos foram resumidos na Tabela 18 para, então, ser obtido o tempo padrão total.

Tabela 18 – Determinação do tempo padrão

Nº Elemento	Sequência operacional	Tempo normal (min)	Fator de tolerância	Tempo padrão (min)
1	Serrar cepo de madeira	1,105	13,7%	1,257
2	Furar cepo de madeira	0,785	14,3%	0,897
3	Coletar itens para montagem	0,534	12,5%	0,601
4	Cortar e separar corrente	0,321	14,0%	0,366
5	Cortar plástico bolha	0,397	14,0%	0,453
6	Montar fechadura	0,387	15,8%	0,448
7	Montar cilindro	0,428	15,8%	0,495
8	Montar maçaneta	0,338	15,8%	0,391
9	Montar espelho	0,310	15,8%	0,359
10	Montar chave e corrente	0,448	15,8%	0,519
11	Colocar etiquetas	0,650	14,3%	0,743
12	Montar siris	0,392	14,0%	0,447
13	Embalar expositor com plástico bolha	0,222	15,8%	0,257
14	Empacotar produto em caixa de papelão	0,136	15,8%	0,158
15	Colocar caixa no carrinho	0,127	15,8%	0,147
Total				7,536

Em linhas gerais, o estudo de cronoanálise finaliza com a obtenção do tempo padrão para a operação de montagem e embalagem do expositor tipo gôndola. Sendo definido em 7,536 minutos (7 minutos e 33 segundos).

A realização do estudo de tempos, bem como a determinação do tempo padrão são a base para a determinação da capacidade produtiva, avaliação de quadro de mão de obra, previsões de entrega, melhor controle de estoque e, finalmente,

produtividade. A seguir serão apresentados os cálculos para cálculo de capacidade e eficiência.

5.3 CAPACIDADE E EFICIÊNCIA

5.3.1 Definição de capacidade realizada

Definiu-se anteriormente que a capacidade disponível é uma medida de produção necessária para diagnosticar importantes pontos de melhoria dentro de uma organização, e a partir da definição do tempo padrão, pode-se conhecê-la através da aplicação da equação 8.

Desta forma, a capacidade disponível do setor de montagem foi calculada com base nos parâmetros:

- Jornada de trabalho de dez horas (com exceção da sextas-feiras), sendo uma hora reservada para pausa do almoço);
- Existência de um colaborador no setor analisado trabalhando de 7h as 17h, de segunda-feira à quinta-feira e de 7h as 16h na sexta-feira;
- Baseando a produção exclusiva do expositor de modelo gôndola durante toda jornada de trabalho;
- Tempo padrão de 7 minutos e 33 segundos.

Feitas estas observações, seguiu-se para o cálculo de capacidade realizada. Sendo a carga horária de jornada de trabalho mensal igual a 176 horas (10.560 minutos) e o tempo padrão de 7 minutos e 33 segundos (7,536 minutos), foram calculados os cálculos de tempo utilizado para paradas planejadas e não planejadas.

Foi visto que o plano de manutenção preventiva aplicado no setor considera a realização de tais atividades em período não produtivo, aos dias de Domingo. Logo, o tempo para paradas programadas foi desconsiderado dos cálculos para capacidade realizada.

Para o tempo de parada não planejada foram coletadas informações registradas pela empresa caso de estudo quanto às paradas para manutenções corretivas identificadas nas ordens de manutenção do último ano. Para esta variável, foi calculado o tempo médio mensal de 10 horas.

Valendo destacar que pelo conhecimento tácito de todos os envolvidos ao setor produtivo, é confirmada a raridade de paradas para realizações de manutenções, interrupções da produção por falta de matéria prima e absenteísmo.

Desse modo, os dados acima foram utilizados na equação 10 para constatação que a capacidade realizada do setor é de 1.321 expositores por mês.

5.3.2 Cálculo de eficiência

Ao revisitar o tópico 4, é visto que a produção média do setor se encontrava em 717 expositores por mês. Após o mapeamento do processo, desenvolvimento de novo layout e estudo de cronoanálise, foi possível estabelecer a nova produção mensal de expositores de 1.321 unidades. Aplicando a equação 11 para o cálculo de eficiência do processo, constata-se que o setor se encontrava em um nível de eficiência de 54,28%.

A baixa eficiência produtiva constatada no setor pode se justificar, principalmente, por falta de estabelecimento de procedimentos operacionais, ausência de supervisão, inexistência de metas e acompanhamento de produção, arranjo físico inadequado e falta de conhecimento do processo produtivo como um todo.

6 CONCLUSÃO

A aplicação do Estudo de Tempos e Métodos em uma indústria de metalúrgica foi sucedida. Na qual a determinação do tempo padrão da operação foi apenas uma das melhorias possibilitadas. Durante sua execução foi possível conhecer a realidade da indústria, do setor, de seus operadores e identificar pontos de melhoria, que influenciavam diretamente a produtividade de toda cadeia de entrega de expositores de madeira. Este trabalho proporcionará impactos diretos no faturamento, gestão e lead time de entrega dos produtos, aumentando a competitividade da empresa não só em custos, mas também em qualidade e no nível de serviço ao cliente.

Inicialmente, o setor produtivo analisado sofria com atrasos constantes com a entrega dos pedidos de expositores aos clientes, ausência de metas de produção, inexistência de arranjo físico adequado para as práticas de segurança, gestão visual e produtividade etc.

Com a aplicação das ferramentas de Mapofluxograma e Gráfico de fluxo, um novo layout foi desenvolvido a fim de se eliminar atividades de transporte e movimentação desnecessárias. Ao final do mapeamento do novo layout, constatou-se a redução de 84% na distância total percorrida pelo operador ao longo do setor produtivo.

As melhorias proporcionadas pelo novo layout abrangem muito mais do que o escopo inicial deste trabalho. Pois, diferente da situação inicial, o setor passou a ter: a correta demarcação das faixas de pedestres, localização das máquinas e bancadas de operação, a identificação e tagueamento de todas as máquinas e equipamentos do setor e a possibilidade de expansão da capacidade produtiva para até mais três operadores.

Enfim, pode-se afirmar que, com a conclusão dos trabalhos, verificou-se que houve um expressivo incremento da capacidade produtiva mensal de 717 unidades de expositores/mês, para 1.321 expositores/mês. O que significa uma eficiência produtiva média no valor de cinquenta e quatro, virgula vinte e oito por cento (54,28%). Confirmando que os objetivos propostos inicialmente para a realização do trabalho, foram alcançados com sucesso, chegando a superar as expectativas iniciais.

Algumas dificuldades foram encontradas, pois o operador apresentava mais de dez anos de colaboração com a empresa e não foi suscetível a mudanças,

possuindo sua própria metodologia de trabalho e mostrando uma certa resistência a colaboração na coleta de dados.

Finalmente, convém destacar o apoio e suporte oferecidos pela Gerência da empresa, através do Supervisor de produção e do Gerente industrial, no desenvolvimento da pesquisa acatando, quase sempre, as sugestões apresentadas, o que permitiu a implementação das modificações necessárias no arranjo físico do processo, ainda durante a realização do estudo, o que garantiu o sucesso do trabalho.

REFERÊNCIAS

- BARNES, R. M. Estudo de movimentos e de tempos projeto e medidas do trabalho. Tradução: Sérgio L. O. Assis; José S. G. Azevedo; Arnaldo Pallotta. 6.ed. São Paulo: Edgard Blücher, 1977.
- BATISTA, G. R.; LIMA, M. C.; GONÇALVES, V. S.; SOUTO, M. S. Análise do processo produtivo um estudo comparativo dos recursos esquemáticos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2006. Fortaleza. Anais... Fortaleza: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), 2006. p. 1-9.
- BUSSAB, W. O.; MORRETTIN, P. A. **Estatística Básica**. 5.ed. São Paulo: Saraiva, 2002.
- CAMAROTTO, J. A. Métodos tempos modelos posto de trabalho. 2005. Universidade Federal de São Carlos. São Paulo, 2005, 78 p. Disponível em: <https://www.passeidireto.com/arquivo/35673176/etr---apostila---camarotto>. Acesso em: 25 dez. 2021.
- CADIOLI, L. P.; PERLATTO, L. Mapeamento do fluxo de valor: uma ferramenta da produção. In: ANUÁRIO DA PRODUÇÃO ACADÊMICA DOCENTE, 3, 2008. Anais... São Paulo: Anhanguera Educacional S.A., São Paulo, p. 369-389, 2008.
- CERVO, A. L. BERVIAN, P. A. Metodologia científica. 5.ed. São Paulo: Prentice Hall, 2002.
- CORRÊA, H. L.; CORRÊA, C. A. Administração de produção e operações manufatura e serviços uma abordagem estratégica. 3ª ed. São Paulo: Atlas, 2012.
- CORREIA, K. S.; LEAL, F.; ALMEIDA, D. A. Mapeamento de Processos Uma Abordagem para Análise de Processos de Negócio. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 22., 2002. Curitiba. Anais... Curitiba: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), 2002. p. 1-8.
- COSTA, A. C. F.; JUNGLES, A. E. O Mapeamento do Fluxo de Valor Aplicado a uma Fábrica de Montagem de Canetas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2006. Fortaleza. Anais... Fortaleza: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), 2006. p. 1-9.
- COSTA F. N.; PEREIRA F. L.; ALVES I. B.; CARVALHO C. A.; NUNES C. E. Determinação e análise da capacidade produtiva de uma empresa de cosméticos através do estudo de tempos e movimentos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 28., 2008. Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), 2008. p. 1-12.
- DANCEY, C. P.; REIDY, J. **Estatística sem Matemática para Psicologia usando SPSS para Windows**. 3.ed. Porto Alegre: Artmed, 2006.
- ELIAS, S. J. B.; OLIVEIRA, M. M.; TUBINO, D. F. Mapeamento de Fluxo de Valor: um estudo de caso em uma indústria de gesso. **Revista ADMpg Gestão Estratégica**, v. 4, n. 1, p. 1-10, 2011.
- GIL, A. C. Métodos e técnicas de pesquisa social. 5.ed. São Paulo: Atlas, 1999.
- KATO, A. K.; TAKAKI, E. Y.; SOUZA, G. C. Modelagem da capacidade produtiva através da aplicação da engenharia de métodos em uma empresa de beneficiamento

de mármore e granitos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 23., 2003. Ouro Preto. Anais... Ouro Preto: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), 2003. p. 1-7.

KETTINGER, W.; TENG, J. Business process change in the 21st century. **Business & Economic Review**, v.46, n. 2, p.14-19. 2000.

LEAL, F. Um diagnóstico do Processo de atendimento a clientes em uma agência bancária através de mapeamento do processo e simulação computacional. 2003. 223 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção) - Universidade Federal de Itajubá, Itajubá, 2003.

LIKER, J. K.; MEIER, D. O Modelo Toyota: Manual Aplicação. Porto Alegre. Bookman. 2007.

KRAJEWSKI, L., RITZMAN, L., MALHOTRA, M. Administração de Produção e Operações. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

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

MARTINS, P. G.; LAUGENI, Fernando P. Administração da Produção. 2ª ed. São Paulo: Saraiva, 2005.

MIGUEL, P. A.; SOUSA, R. O método do estudo de caso na engenharia de produção. In: MIGUEL, P. A. C. (Org.), Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações. 2 ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MONTGOMERY, D. C. Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade. 4 ed. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S. A., 2004.

MOREIRA, D. A. O método fenomenológico na pesquisa. São Paulo: Pioneira Thompson, 2002.

ROCHA, D. Fundamentos técnicos da produção. São Paulo: Makron Books, 1995.

OLIVEIRA, M. F. Metodologia científica um manual para a realização de pesquisas em Administração. 2011. 73 p. Universidade Federal de Goiás. Catalão, 2011.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. Administração da produção operações industriais e de serviços. 2007, 750 p. Curitiba: UnicenP, 2007.

RIBEIRO, J. R.; FERNANDES B. C.; ALMEIDA D. A. A questão da agregação de valor no mapeamento de processo e no mapeamento de falhas. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 30., 2003, São Carlos. Anais... São Carlos: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), 2003. p. 1-12.

ROTHER, M.; SHOOK, J. Aprendendo a enxergar: Mapeando o Fluxo de Valor para agregar valor e eliminar o desperdício. 1. ed. São Paulo: Lean Institute Brasil, 2003.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. Administração da produção. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

SILVA, A. V.; COIMBRA, R. R. Manual de Tempos e Métodos princípios e técnicas do estudo de tempos. São Paulo: Hemus, 1980.

SOUSA, E. L. Proposta e Aplicação de um Modelo de Cronoanálise para os Setores de Soldagem e Montagem de uma Empresa de Agronegócios. 2012. 62 p. Monografia – (Graduação em Engenharia de Produção) – Faculdade Horizontina, Horizontina, 2012. Disponível em: https://www.fahor.com.br/publicacoes/TFC/EngPro/2012/Edson_Luis_de_Souza.pdf. Acesso em: 01 fev. 2022.

STAUDT, F. H; COELHO, A. S.; GONCALVES, M. B. Determinação da capacidade real necessária de um processo produtivo utilizando cadeia de Markov. In: Produção., 21., 2009, Florianópolis. Anais... Florianópolis: 2010. p. 634-644. DOI: 10.1590/S0103-65132011005000058.

STEPHENS, M. A. **FED para a Bondade de Estatística Fit e algumas comparações**. Jornal da Associação Americana Estatística. Vol. 69, 51 p., 1974.

TOLEDO J. R.; ITYS, F. B. Balanceamento de linhas. 7. ed. Rio de Janeiro: Raphael A. Godoy, 2004.

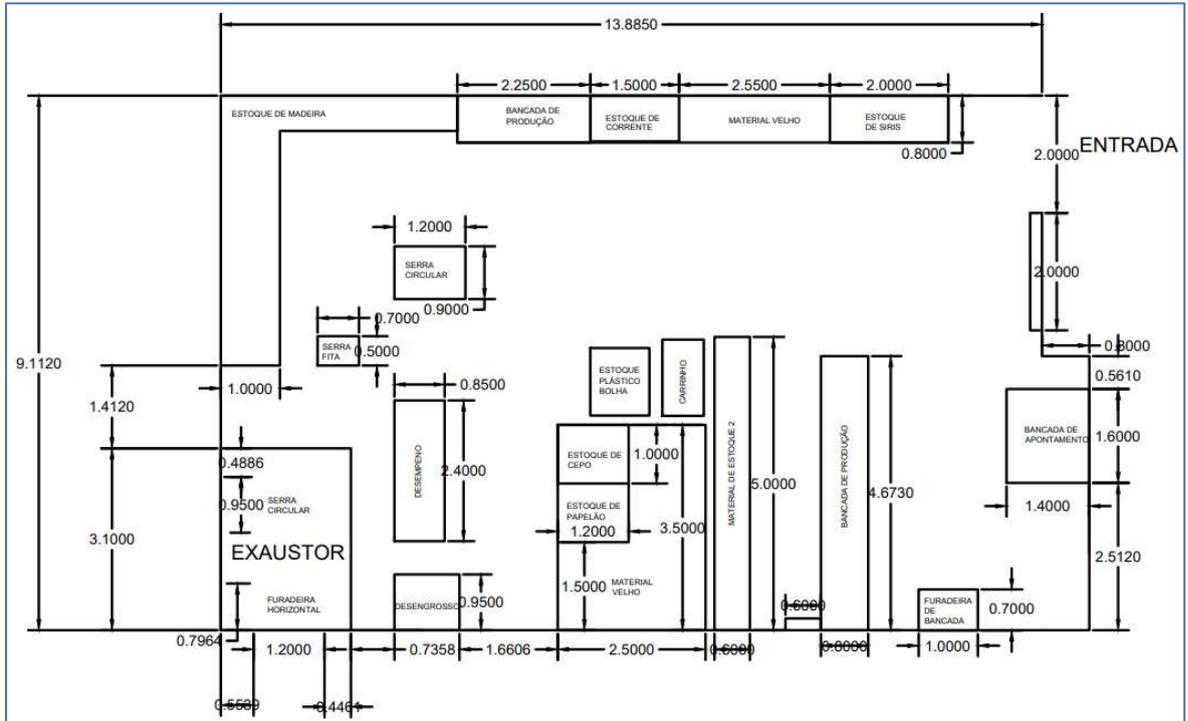
TORRES, A. F.; MONTEVECHI, J. A. B.; LEAL, F.; MARTINS, P. C.; PEREIRA, A. P. Comparação estatística entre estudos de tempos via cronometragem e via filmagem aplicação em uma indústria de eletrônicos. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 26., 2016, João Pessoa. Anais... João Pessoa: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), 2016. p. 1-14.

TOSTA, I. L.; OLIVEIRA, M. L.; SOUZA, L. G. Uma Análise do uso da Técnica Mapofluxograma na Implementação Inicial do Sistema Lean de Produção em uma Empresa do Setor Médico cirúrgico. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 29., 2009, Salvador. Anais... Salvador: Associação Brasileira de Engenharia de Produção (ABEPRO), 2009. p. 1-15.

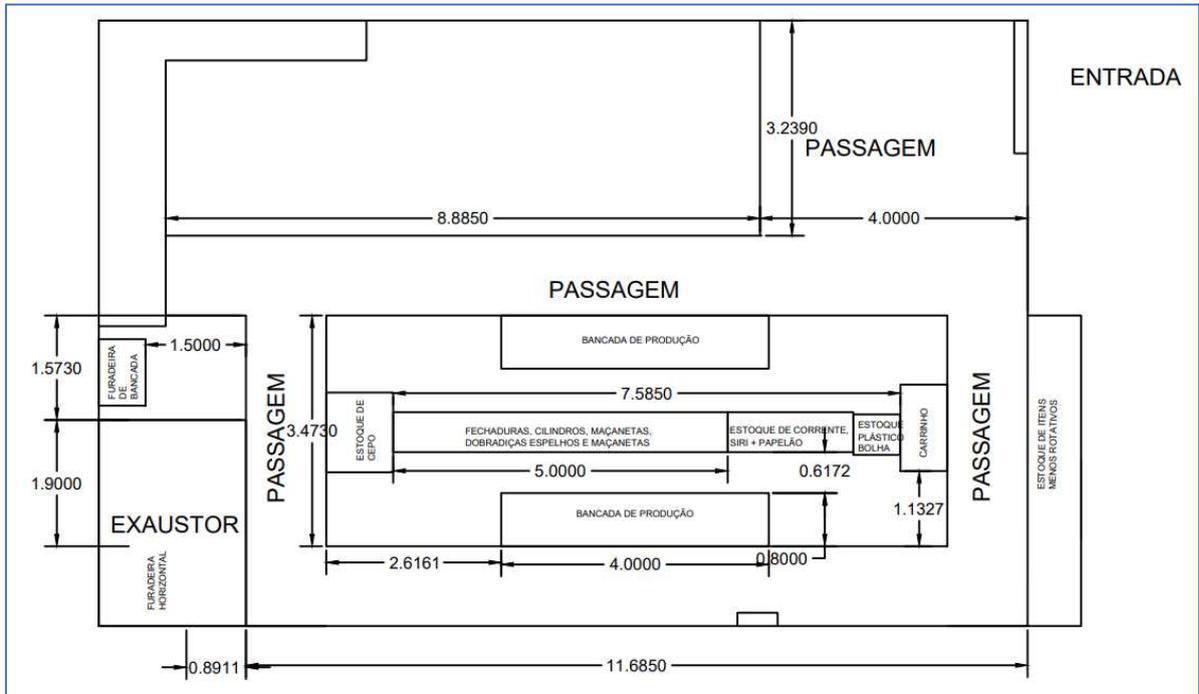
VERGARA, S. C. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 3.ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2000.

ANEXOS

ANEXO 1 – LAYOUT ATUAL COM COTAS



ANEXO 2 – LAYOUT IMPLANTADO COM COTAS



ANEXO 3 – FOLHA DE TEMPOS 01

ESTUDO DE TEMPOS		MODELO			DEPARTAMENTO					HORA INICIAL	
		GÔNDOLA			CARPINTARIA					08:30	
		FOLHA			OPERAÇÃO					HORA FINAL	
		01/05			MONTAGEM DE EXPOSITOR TIPO GÔNDOLA					12:00	
N° elemento	Sequência operacional	Cronometragens (segundos)									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	Serrar cepo de madeira	52,836	51,078	55,274	56,312	51,582	52,740	55,484	53,002	50,698	54,832
2	Furar cepo de madeira	43,122	38,442	39,384	36,026	42,066	42,576	42,470	40,776	39,814	45,114
3	Coletar itens para montagem	28,030	29,552	27,844	27,828	27,506	26,000	27,512	27,500	28,184	28,478
4	Cortar e separar corrente	19,430	12,680	16,312	12,790	19,980	15,974	14,132	20,550	16,542	14,652
5	Cortar plástico bolha	23,060	22,142	20,892	20,216	19,724	21,658	21,642	19,412	20,910	22,966
6	Montar fechadura	21,652	19,022	23,612	25,140	26,564	17,252	17,706	19,290	21,866	21,654
7	Montar cilindro	24,142	24,348	24,404	24,482	24,022	23,074	23,236	22,264	25,018	24,250
8	Montar maçaneta	21,066	19,194	19,808	16,044	18,282	17,402	23,864	15,414	19,226	18,846
9	Montar espelho	13,658	15,998	17,294	15,514	15,754	16,000	17,978	14,958	18,848	16,662
10	Montar chave e corrente	26,328	29,622	26,448	37,070	21,974	30,664	28,096	24,854	27,614	31,476
11	Colocar etiquetas	39,808	39,318	39,558	39,458	40,086	39,396	38,570	39,424	40,286	41,686
12	Montar siris	23,554	24,520	25,038	23,942	25,008	24,162	24,000	23,788	22,230	23,792
13	Emballar expositor com plástico bolha	15,250	12,256	13,646	14,000	13,048	13,064	13,244	13,000	14,902	13,314
14	Empacotar produto em caixa de papelão	9,538	9,012	8,566	10,938	11,890	9,376	9,670	8,290	9,750	8,048
15	Colocar caixa no carrinho	10,924	9,860	9,374	12,012	10,690	9,958	9,714	8,618	9,836	9,184

ANEXO 4 – FOLHA DE TEMPOS 02

ESTUDO DE TEMPOS		MODELO				DEPARTAMENTO				HORA INICIAL	
		GÔNDOLA				CARPINTARIA				14:30	
		FOLHA				OPERAÇÃO				HORA FINAL	
		02/05				MONTAGEM DE EXPOSITOR TIPO GÔNDOLA				17:00	
N° elemento	Seqüência operacional	Cronometragens (segundos)									
		11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
1	Serrar cepo de madeira	53,649	54,066	54,933	54,611	52,538	54,265	52,973	53,800	53,967	53,081
2	Furar cepo de madeira	41,669	44,170	43,104	40,761	41,728	41,474	42,481	40,143	41,868	38,291
3	Coletar itens para montagem	28,193	27,793	28,136	27,382	27,117	27,636	27,329	27,951	27,332	27,794
4	Cortar e separar corrente	16,264	16,164	17,798	16,412	17,037	17,498	14,189	15,409	12,246	18,927
5	Cortar plástico bolha	21,331	20,698	22,445	22,118	22,168	20,088	21,377	20,673	21,147	21,419
6	Montar fechadura	24,990	22,628	22,426	19,386	22,421	22,817	22,670	20,668	23,013	20,483
7	Montar cilindro	23,825	24,213	23,171	23,508	24,011	24,061	23,317	24,369	24,206	23,719
8	Montar maçaneta	19,128	18,261	17,863	19,050	18,766	19,691	19,645	18,592	18,864	19,445
9	Montar espelho	15,190	16,382	14,880	17,001	16,187	17,096	15,360	16,542	15,849	16,778
10	Montar chave e corrente	24,419	25,540	27,472	22,541	24,521	29,285	26,432	27,812	24,754	33,783
11	Colocar etiquetas	40,503	40,018	39,074	39,517	39,163	38,845	39,986	39,211	40,022	39,812
12	Montar siris	24,711	23,750	24,489	23,995	23,781	23,802	24,098	23,894	23,911	23,328
13	Embalar expositor com plástico bolha	14,493	13,777	13,142	13,928	12,741	13,577	13,319	13,824	13,148	13,771
14	Empacotar produto em caixa de papelão	10,141	9,873	8,822	9,858	9,907	10,096	9,776	9,894	9,833	9,422
15	Colocar caixa no carrinho	10,373	9,945	10,152	10,258	10,015	9,671	10,572	10,175	10,943	10,272

ANEXO 5 – FOLHA DE TEMPOS 03

ESTUDO DE TEMPOS		MODELO			DEPARTAMENTO			HORA INICIAL			
		GÔNDOLA			CARPINTARIA			09:00			
		FOLHA			OPERAÇÃO			HORA FINAL			
		03/05			MONTAGEM DE EXPOSITOR TIPO GÔNDOLA			12:00			
Nº elemento	Sequência operacional	Cronometragens (segundos)									
		21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
1	Serrar cepo de madeira	53,128	52,202	54,689	54,030	52,875	54,334	52,752	53,653	51,516	53,483
2	Furar cepo de madeira	42,203	40,899	44,570	38,339	39,566	41,473	39,186	41,192	41,933	41,199
3	Coletar itens para montagem	28,169	28,108	28,071	27,395	28,393	27,480	28,314	27,756	27,789	26,975
4	Cortar e separar corrente	14,272	17,461	16,392	16,946	16,499	16,557	15,933	14,435	19,231	19,477
5	Cortar plástico bolha	20,603	21,251	20,650	21,351	20,113	21,516	21,839	20,949	20,724	22,739
6	Montar fechadura	21,640	20,627	24,404	22,141	22,181	21,185	21,600	19,421	22,724	22,322
7	Montar cilindro	24,126	24,487	23,620	24,507	23,605	23,889	24,262	24,099	24,585	24,236
8	Montar maçaneta	19,415	18,599	18,172	19,390	19,592	18,865	20,740	19,084	18,669	18,959
9	Montar espelho	16,215	15,201	17,671	15,824	17,425	16,302	15,381	15,046	15,372	15,915
10	Montar chave e corrente	27,228	28,871	29,290	33,064	26,046	28,387	27,092	30,553	30,385	26,451
11	Colocar etiquetas	39,821	40,122	39,404	39,621	40,432	40,455	39,466	40,035	40,026	40,372
12	Montar siris	23,798	23,803	23,358	24,134	24,469	23,957	24,193	24,132	24,199	23,716
13	Embalar expositor com plástico bolha	13,785	13,528	12,945	13,902	13,335	13,485	13,678	14,336	12,884	13,383
14	Empacotar produto em caixa de papelão	9,314	9,723	8,823	9,012	9,522	9,376	10,098	9,480	9,693	9,048
15	Colocar caixa no carrinho	10,212	9,993	9,375	10,457	9,568	10,383	10,156	10,111	9,941	9,580

ANEXO 6 – FOLHA DE TEMPOS 04

Nº elemento	Seqüência operacional	Cronometragens (segundos)									
		31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
ESTUDO DE TEMPOS		MODELO GÔNDOLA				DEPARTAMENTO CARPINTARIA				HORA INICIAL 15:25	
		FOLHA 04/05				OPERAÇÃO MONTAGEM DE EXPOSITOR TIPO GÔNDOLA				HORA FINAL 16:45	
1	Serrar cepo de madeira	52,810	53,919	54,657	52,160	52,872	53,311	52,578	53,212	54,028	52,993
2	Furar cepo de madeira	40,689	40,570	40,948	39,039	40,877	41,082	40,434	39,100	41,108	39,548
3	Coletar itens para montagem	28,043	27,777	27,775	28,086	27,317	28,019	27,851	28,219	28,450	27,509
4	Cortar e separar corrente	17,176	17,877	18,159	17,691	18,354	17,227	14,475	16,420	14,171	19,031
5	Cortar plástico bolha	19,761	21,290	20,884	20,735	19,695	21,395	21,198	20,825	21,148	21,532
6	Montar fechadura	21,315	19,420	20,349	23,465	20,985	21,089	18,292	21,824	22,254	21,932
7	Montar cilindro	24,229	24,239	24,760	23,409	23,478	25,071	24,539	23,985	23,431	23,980
8	Montar maçaneta	17,646	20,133	19,632	18,892	19,749	21,335	18,462	17,970	16,614	21,335
9	Montar espelho	16,497	15,260	16,477	17,072	15,742	16,623	15,271	16,301	17,929	15,920
10	Montar chave e corrente	32,030	28,364	23,110	28,493	28,492	29,117	27,423	29,465	29,103	28,914
11	Colocar etiquetas	39,570	39,625	39,007	39,162	40,385	39,398	40,088	40,379	40,212	39,669
12	Montar siris	23,704	24,481	23,823	24,084	24,074	24,263	23,957	23,832	24,418	24,878
13	Embalar expositor com plástico bolha	13,535	12,796	13,852	14,113	13,320	14,832	13,812	13,719	14,297	12,928
14	Empacotar produto em caixa de papelão	9,419	8,637	9,306	9,125	8,599	9,164	9,524	9,102	10,537	9,980
15	Colocar caixa no carrinho	9,960	9,980	9,816	10,058	9,781	10,233	9,479	9,733	9,877	10,187

ANEXO 7 – FOLHA DE TEMPOS 05

ESTUDO DE TEMPOS		MODELO				DEPARTAMENTO				HORA INICIAL	
		GÔNDOLA				CARPINTARIA				07:00	
		FOLHA				OPERAÇÃO				HORA FINAL	
		05/05				MONTAGEM DE EXPOSITOR TIPO GÔNDOLA				10:20	
Nº elemento	Sequência operacional	Cronometragens (segundos)									
		41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
1	Serrar cepo de madeira	53,945	54,855	53,842	54,780	52,973	54,230				
2	Furar cepo de madeira	40,379	40,935	39,341	40,288	41,031	41,652				
3	Coletar itens para montagem	27,481	27,325	28,464	27,912	26,959	27,866				
4	Cortar e separar corrente	15,915	15,190	14,647	14,920	16,995	15,203				
5	Cortar plástico bolha	21,544	21,253	20,416	21,523	22,557	21,667				
6	Montar fechadura	23,344	21,921	23,629	21,617	20,834	19,752				
7	Montar cilindro	24,475	23,705	23,813	23,525	23,875	24,350				
8	Montar maçaneta	19,651	21,686	19,901	18,083	18,137	20,867				
9	Montar espelho	17,021	15,861	16,973	17,378	16,134	16,521				
10	Montar chave e corrente	29,379	30,778	25,553	27,064	28,049	30,098				
11	Colocar etiquetas	39,546	39,597	39,887	40,035	39,148	40,198				
12	Montar siris	23,552	23,918	23,738	23,608	24,114	24,166				
13	Embalar expositor com plástico bolha	14,496	13,785	13,511	13,395	14,213	13,017				
14	Empacotar produto em caixa de papelão	10,273	9,104	9,104	9,438	10,749	9,377				
15	Colocar caixa no carrinho	9,647	10,291	10,073	9,558	9,944	10,234				