

UNIVERSIDADE FEEVALE

MATHEUS SCHERER DO COUTO

PROPOSIÇÃO DE UM MODELO PARA CÁLCULO DE TEMPOS PADRÕES DE
UMA OPERAÇÃO DE CORTE EM UMA EMPRESA DE ESQUADRIAS SOB
MEDIDA COM ALTA FLEXIBILIDADE DE PRODUÇÃO

NOVO HAMBURGO

2018

MATHEUS SCHERER DO COUTO

PROPOSIÇÃO DE UM MODELO PARA CÁLCULO DE TEMPOS PADRÕES DE
UMA OPERAÇÃO DE CORTE EM UMA EMPRESA DE ESQUADRIAS SOB
MEDIDA COM ALTA FLEXIBILIDADE DE PRODUÇÃO

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado como requisito parcial à
obtenção do grau de Bacharel em
Engenharia de Produção pela
Universidade Feevale

Orientador: Prof. Me. Ariel Peixoto Possebon

Novo Hamburgo

2018

MATHEUS SCHERER DO COUTO

Trabalho de Conclusão do Curso de Engenharia de Produção, com o título “Proposição de um modelo para cálculo de tempos padrões de uma operação de corte em uma empresa de esquadrias sob medida com alta flexibilidade de produção” submetido ao corpo docente da Universidade Feevale, como requisito necessário para obtenção do Grau de Bacharel em Engenharia de Produção.

Aprovado por:

Professor Orientador: Me. Ariel Peixoto Possebon

Professor Avaliador:

Professor Avaliador:

Novo Hamburgo, novembro de 2018.

RESUMO

Calcular tempos de fabricação é um importante aspecto que possibilita um melhor planejamento e controle de processos, além de servir como base para precificações. Em uma empresa que segue a estratégia de atendimento de demanda ETO, há uma alta variabilidade de produtos, além de alta complexidade e personalização nos projetos desenvolvidos. Tudo isso, dificulta que sejam feitos trabalhos de padronização e estudos de tempos de fabricação. Nesse contexto, este estudo pretende propor um modelo de cálculo de tempo padrão para uma operação de corte de esquadrias de PVC em uma empresa de esquadrias sob medidas com alta flexibilidade de produção. Com o intuito de atingir o objetivo pretendido, inicialmente realizou-se um levantamento de estudos voltados para a definição de parâmetros de tempo em empresas, reforçado por uma análise mais específica quanto à estratégia ETO. Paralelamente, foi realizada uma pesquisa bibliométrica a respeito dos temas nos portais de periódicos internacionais *SCOPUS* e *SCIENCE DIRECT*. Por conseguinte, realizou-se o estudo prático dos tempos da operação, através da tomada de tempos de 2 amostragens, análise dos elementos de tempo e exame dos fatores de variação nos ciclos da operação. Como resultado, criou-se um modelo capaz de calcular o tempo padrão necessário para executar diferentes modelos de esquadrias e lotes de produção que correspondem a um projeto. O modelo proposto foi testado através da comparação de tempos calculados e realizados de diversas esquadrias e lotes de produção, tendo sido capaz de atingir um nível de confiabilidade de pouco mais 97%, com uma margem de erro de $\pm 10\%$.

Palavras chave: tempo padrão, *engineer-to-order*, operação de corte, esquadrias sob medida, construção civil.

ABSTRACT

Calculating manufacturing times is an important aspect that allows better process planning and control, besides serving as a basis for pricing. In a company that follows the ETO demand response strategy, there is a high variability of products, as well as high complexity and customization in the projects developed. All this, makes it difficult to make standardization work and manufacturing times studies. In this context, this study intends to propose a standard time calculation model for a PVC frames cutting operation, in a company of under project frameworks with high production flexibility. To reach the intended objective, a survey of studies aimed at the definition of time parameters in companies was initially realized, reinforced by a more specific analysis of the ETO strategy. At the same time, a bibliometrical survey was conducted on these themes in the international periodical portals SCOPUS and SCIENCE DIRECT. Therefore, a practical study of the operating times was realized by taking 2 time samplings, analyzing the time elements and examining the variation factors in the operation cycles. As a result, a model was created able to calculate the standard time required to execute different models of frames and production batches which correspond to a project. The proposed model was tested by comparing estimated and realized times of several frames and production batches and was able to reach a reliability level of just over 97%, with a margin of error of $\pm 10\%$.

Keywords: standard time, engineer-to-order, cutting operation, under project frameworks, civil construction.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Parâmetro CODP.....	17
Figura 2: Estratégias quanto ao lead time.....	18
Figura 3: Fluxograma de representação da sequência do método de trabalho.....	33
Figura 4: Modelos de abertura.....	39
Figura 5: Residência com esquadrias de PVC brancas.....	40
Figura 6: Fluxograma do setor de PVC.....	41
Figura 7: Serra CNC de 2 cabeças.....	43
Figura 8: Perfis em barras estocados horizontalmente.....	43
Figura 9: Trecho inicial do manual padrão de operações.....	45
Figura 10: Ficha de registro de cronoanálise.....	48
Figura 11: Realização do corte.....	49
Figura 12: Ficha de registro amostragem inicial.....	51
Figura 13: Sistemática do modelo matemático.....	57
Figura 14: Modelo de estimativa de tempo padrão.....	58

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Dados de periódicos bases SCOPUS e SCIENCE DIRECT.....	10
Tabela 2: Artigos encontrados relacionados ao tema desejado.....	11
Tabela 3: Valores para z.....	29

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Vantagens de desvantagens das medições continua e descontinua.....	27
Quadro 2: Elementos de tempo encontrados.....	46
Quadro 3: Nível de confiança para amostragem final.....	54
Quadro 4: Resultados amostragem final.....	55
Quadro 5: Análise da frequência e variação dos elementos	55
Quadro 6: Análise da variabilidade dos tempos padrões.....	56
Quadro 7: Resultado estimado x realizado para lote de 1 esquadria.....	60
Quadro 8: Resultado estimado x realizado para lote maior que 1 esquadria.....	61

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
1.1 JUSTIFICATIVA DE PESQUISA.....	10
1.1.1 Justificativa acadêmica.....	10
1.1.2 Justificativa empresarial.....	13
1.1.3 Justificativa do pesquisador.....	13
1.2 PROBLEMA DE PESQUISA.....	14
1.3 OBJETIVO DE PESQUISA.....	14
1.3.1 Objetivo geral.....	14
1.3.2 Objetivos específicos.....	14
1.4 ESTRUTURA DE PESQUISA.....	15
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	16
2.1 ESTRATÉGIAS DE ATENDIMENTO DE DEMANDA.....	16
2.1.1 Aspectos gerais do MTS.....	18
2.1.2 Aspectos gerais do ATO.....	18
2.1.3 Aspectos gerais do MTO.....	19
2.1.4 Aspectos gerais do ETO.....	19
2.2 O SISTEMA ETO (<i>ENGINEER TO ORDER</i>)	20
2.3 TEMPOS DE FABRICAÇÃO.....	23
2.3.1 Tempo de ciclo, tempo normal, tempo padrão.....	25
2.3.2 Definindo tempos de fabricação.....	26
2.3.3 Estatística aplicada à definição de tempos padrão.....	28
2.4 CRONOANÁLISE.....	30
3. METODOLOGIA.....	32
3.1 CLASSIFICAÇÕES DESTA PESQUISA.....	32
3.2 MÉTODO DE TRABALHO.....	33
4. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA.....	37
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	64
REFERÊNCIAS.....	66
ANEXO A – MANUAL PADRÃO DE OPERAÇÕES.....	70

1. INTRODUÇÃO

Conforme passam os anos, é necessário que as empresas busquem se aperfeiçoar, evoluir, identificar dentro dos seus processos as atividades que geram ou não valor para os seus clientes. Todas as organizações podem ter o privilégio de saber para onde estão se dirigindo e como chegar até lá, apesar de nem todas poderem planejar de maneira mais precisa o conjunto de suas ações atuais e futuras (SLACK et al. 2018). É necessário, para vencer a concorrência, gerar aumento constante de produtividade, obtendo assim vantagem competitiva (STEFANELLI, 2010).

Para Saia (2013) está ocorrendo um aumento de escala de competição, de nacional para global, por consequência disso, temos ciclos de vida de produtos mais curtos e aumento da exigência do mercado. Ainda segundo Saia (2013), está ocorrendo uma migração de sistemas de manufaturas rígidos para sistemas de manufaturas flexíveis, com intuito de responder com mais eficiência às necessidades dos clientes. Pode-se dizer também que há um novo contexto competitivo, as empresas buscam sobrevivência e estabilidade através de maior flexibilidade produtiva e maior rapidez na tomada de decisões (BEZERRA, 2008).

Para Grabenstetter e Usher (2013) o sistema *engineer-to-order* (ETO) está ganhando espaço conforme as empresas estão aumentando as suas necessidades por soluções mais personalizadas. A estratégia ETO tem como pontos positivos o fornecimento de produtos personalizados e serviços de engenharia customizados baseados nas necessidades individuais do consumidor (DUCHI ET AL, 2014). Segundo Duchi et al (2014), as empresas estão sendo forçadas a operar de uma maneira mais eficiente a fim de manter sua competitividade, devido a tendências do mercado como menores tempos de entrega, diminuições de margens de lucro e melhoramentos tecnológicos.

Dentro das dificuldades de padronização de processos em empresas de alta flexibilidade de produção encontra-se o problema referente a obtenção de dados de tempo das operações produtivas. Chen, Wang (2012) apontam que calcular o tempo de ciclo das operações dentro de um sistema produtivo têm grande importância para que ações de controle possam ser tomadas sobre o desenrolar do processo. Os mesmos relatam que é de extrema importância saber o nível de acuracidade entre os tempos coletados através de medições, e posteriormente calculados através de um

modelo padrão, e os tempos que estão a ocorrer na execução o trabalho. Determinações e previsões de fluxos de tempo são processos críticos para empresas que manufaturam produtos de elevada complexidade de engenharia como no caso das empresas ETO (GRABENSETTER; USHER, 2013). É fundamental para manter-se competitivo não se acomodar com os resultados positivos do passado, portanto saber que a evolução deve ser constante. As sucessivas inovações produtivas e processuais geram melhoria da qualidade de vida na sociedade, proporcionam aumento de oportunidades, entretanto tornam a concorrência mais acirrada.

1.1 JUSTIFICATIVA DE PESQUISA

Nesta seção são descritas as justificativas empresariais, acadêmicas e do pesquisador que sustentam a presente pesquisa.

1.1.1. Justificativa acadêmica

Com o intuito de averiguar o histórico de desenvolvimento do tema de pesquisa no meio acadêmico, realizou-se uma pesquisa bibliométrica através do portal de periódicos da Coordenação de aperfeiçoamento pessoal de nível superior (CAPES), dentro das bases *SCOPUS* e *WEB OF SCIENCE*. Na tabela 1 podemos verificar os termos utilizados na investigação e como se deu o comportamento dos resultados encontrados. Não foram utilizadas delimitações de datas nas pesquisas.

Tabela 1: Dados de periódicos SCOPUS e SCIENCE DIRECT

PALAVRAS-CHAVE	BASE DE DADOS	
	<i>Scopus</i>	<i>Science Direct</i>
	Resultados	
<i>“Engineer-to-order” OR “ETO”</i>	6.235	1.238
<i>“Standard Time”</i>	2.625	404
<i>“Cycle time”</i>	24.971	3.272
<i>“Engineer-to-order” OR “ETO” AND “Cycle time”</i>	53	0
<i>“Engineer-to-order” OR “ETO” AND “Standard Time”</i>	2	0

Fonte: Elaborado pelo autor

Conforme se pode verificar na tabela 1, houve uma quantidade expressiva de resultados para o termo “*Engineer-to-order*” ou “ETO” em ambas as bases, os números foram ainda maiores para o termo “*Cycle time*”. Para o termo “*Standard time*” a quantidade de resultados foi muito menor, o que evidencia que estudos de tempo padrão são em torno de dez vezes menos comuns do que estudos de tempos de ciclo. Posteriormente realizou-se uma nova busca, somando os termos “*Engineer to order*” ou “ETO” ao termo “*Cycle time*” aonde encontraram-se 53 resultados na base Scopus. Por fim, realizou a soma dos termos “*Engineer to order*” ou “ETO” ao termo “*Standard time*” que é o mais adequado para essa pesquisa, e encontraram-se apenas 2 resultados em toda a base, sendo que os 2 são na base Scopus. Dessa maneira, ficou ainda mais evidente que os estudos de tempo padrão são muito mais comuns do que os estudos de tempo de ciclo, inclusive quando relacionados a empresas ETO. Dentro dos resultados encontrados foi possível identificar alguns artigos relevantes que poderiam contribuir para o desenvolvimento dessa pesquisa, inclusive dentre aqueles que estão mais voltados para o tempo de ciclo. Uma análise sucinta dos conteúdos de relevância encontrados na busca pode ser vista na tabela 2:

Tabela 2: Artigos encontrados relacionados ao tema desejado

(Continua)

Título	Resumo	Autores	Revista/Jornal
<i>Determining job complexity in an engineer to order environment for due date estimation using a proposed framework</i>	O ambiente ETO é uma estratégia comum de operação encontrada na indústria hoje. O ETO cresce como estratégia conforme os consumidores aumentam suas exigências por produtos personalizados. No ETO o processo de engenharia é o maior consumidor controlável do lead-time, consumindo metade do seu total. Um processo crítico é determinar a complexidade de engenharia para objetivos de previsão de fluxo de tempo. Um fator distintivo do ETO é que cada produto é a culminação de um único objetivo preparado para uma ordem de cliente em particular. As únicas informações disponíveis são limitadas ao que tem sido preparado durante o estágio de orçamento. Consequentemente, a questão torna-se, como alguém determina a complexidade de trabalho em um processo transacional complexo quando o trabalho não foi sequer determinado? Este artigo apresenta os resultados de estudos que foram conduzidos em conjunto com múltiplas empresas ETO para identificar fatores que levam complexidade ao ambiente de engenharia. Uma aplicação importante desses fatores de complexidade é como uma potente entrada para a acuracidade na previsão dos fluxos de tempo. Este artigo apresenta uma estrutura para usar esses fatores de complexidade para prever fluxos de tempo de engenharia para ETO.	<i>Douglas H. Grabenstetter & John M. Usher</i>	<i>International Journal of Production Research</i>

Tabela 2: Artigos encontrados relacionados ao tema desejado

(Finalização)

Título	Resumo	Autores	Revista/Jornal
An Iterative Procedure for Optimizing the Performance of the Fuzzy-Neural Job Cycle Time Estimation Approach in a Wafer Fabrication Factory	Estimar o tempo de ciclo de cada operação em uma fábrica de bolachas é uma questão crítica para todas as manufatureiras de bolachas. Nos anos recentes um número de abordagens híbridas baseadas na classificação de trabalho (tanto pré-classificação quanto pós-classificação) para estimação tempo de ciclo tem sido proposto. No entanto, os problemas com esses métodos é que as variáveis de entrada não são independentes. Para resolver esse problema, análise de componente principal (PCA) é considerada útil. Nesse estudo, uma abordagem <i>fuzzy-neural</i> de classificação, baseada na combinação de PCA, <i>fuzzy c-means (FCM)</i> e <i>back propagation network (BPN)</i> , é proposta para estimar o tempo de ciclo de trabalho de uma operação em uma fábrica de bolachas(...). Um caso real é usado para validar a efetividade da metodologia proposta. Baseado nos resultados dos experimentos a acuracidade da estimativa da metodologia proposta foi significativamente melhor do que aquelas das abordagens existentes.	Toly Chen & Yi-Chi Wang	Hindawi Publishing Corporation
Proposal of a Decision Making Model to Select the Best Fitting Cost Estimation Technique in an ETO-MC Environment	Empresas ETO são caracterizadas por sua habilidade de produzir bens totalmente customizados através de processos de engenharia individualizados. No entanto, recentemente, muitas das ETOs têm considerado mudar para MC para operar com processos mais estáveis, aumentando a eficiência e diminuindo o lead time. Este artigo pretende analisar esta troca de um ponto de vista operacional desenvolvendo um método de tomada de decisões para dar suporte a essas empresas ao selecionar a melhor técnica de estimativa em termos de custos de engenharia.	A. Duchi, G. Pourabdollahian, D. Sili, M. Cioffi & M. Taisch2	BWI Center for Industrial Management, ETH Zurich, Zurich, Switzerland & Department of Management, Economics and Industrial Eng. Politecnico di Milano, Milan, Italy

Fonte: Elaborado pelo autor

Através da análise das informações expostas na tabela 2 verifica-se que dentro da perspectiva de ação de cada um destes artigos, os mesmos credenciam-se como muito importantes no que se refere a fontes de referência e informações para embasar o presente estudo. Todavia, todos eles diferem em alguns pontos com a abordagem do tema que este trabalho visou trazer. Desta maneira, percebe-se a necessidade de aprofundamento na aplicação direta dos conceitos de tempo padrão dentro de uma operação componente de um sistema produtivo ETO, possibilitando estimar os tempos da mesma. Essa necessidade é reforçada, conforme foi exposto, pelo fato de haver um número reduzido de estudos de tempo padrão, quando comparado com os estudos voltados para o tempo de ciclo.

Para Saia (2013) existe um número elevado de empresas dentro da classificação ETO com problemas conhecidos relacionados a essa estratégia.

Todavia, faltam estudos a respeito das melhores abordagens para gerir os processos que ocorrem no modelo (SAIA, 2013).

1.1.2. Justificativa empresarial

A dificuldade de conciliação entre sistemas de manufatura flexível e alguma padronização de processos traz consigo o impedimento de que se tenham outros tipos de controle sobre o processo produtivo dentro de uma empresa. Segundo Barnes (2012) os estudos de tempos de fabricação podem servir como embasamento para os seguintes pontos:

- Planejamento e programação da produção: estimativas de entregas, projeções de lead time e definição do mix de produção;
- Estimativas de custos: determinar e controlar os custos de mão de obra envolvidos, critério para rateio de custos;
- Base para incentivos salariais ou premiações.

Portanto, devido aos tópicos expostos, fica evidente a importância de ser realizado um estudo de tempos em uma empresa que ainda não o fez, não possuindo uma base de dados para os fatores expostos e conseqüentemente, mudanças que possam gerar aumento de eficiência e melhorias produtivas.

1.1.3. Justificativa do pesquisador

Esta pesquisa, no que tange ao pesquisador, tem por objetivo agregar conhecimento, tanto explícito quanto tácito, proporcionando assim uma evolução acadêmica e profissional, para o mesmo. Através da realização deste estudo será possível um maior entendimento prático dos conhecimentos aprendidos durante o curso, e dos desafios que tendem a ser encontrados na execução de um projeto de melhoria.

A correta utilização das bases teóricas para atingir o sucesso no cumprimento do objetivo de pesquisa tende a proporcionar uma ampliação do *knowhow*¹ do pesquisador. Desta maneira possibilita-se que o conhecimento seja difundido tanto

¹ Conhecimento de como realizar uma tarefa

pelo aproveitamento dos resultados obtidos na pesquisa, quanto através do aprendizado gerado pelo processo de execução da mesma.

1.2 PROBLEMA DE PESQUISA

A presente pesquisa visa aliar conceitos de padronizações de trabalho e estudos de tempos e movimentos com as particularidades e variações que envolvem uma empresa que atende sua demanda através do modelo ETO. Dentro deste contexto a pergunta que se deseja responder é: “Como calcular o tempo padrão de uma operação dentro de uma empresa com características de manufatura flexível?”

1.3 OBJETIVO DE PESQUISA

Segue descrição dos objetivos gerais e específicos da pesquisa.

1.3.1 Objetivo geral

O objetivo geral da pesquisa é definir um modelo para cálculo dos tempos padrões de mão de obra para uma operação de corte dentro de um caso de manufatura flexível.

1.3.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral e responder o problema de pesquisa, há que se atingir os seguintes objetivos específicos:

- a) Analisar histórico de medições de tempos e padronizações de processo da empresa;
- b) Identificar aspectos que podem influenciar nas variações de tempos da operação;
- c) Avaliar resultados obtidos e efetividade do modelo.

1.4 ESTRUTURA DE PESQUISA

Descreve-se a seguir a disposição dos capítulos deste trabalho de modo a torná-lo mais compreensível. O presente capítulo traz a introdução do trabalho, apresentando, primeiramente o contexto e a importância geral do uso dos conhecimentos de engenharia de produção que são utilizados no mesmo. Depois são explicitadas as justificativas da pesquisa tanto pessoal quanto acadêmica e empresarial. A seguir temos o problema de pesquisa, objetivos da pesquisa, sendo estes subdivididos em geral e específico e, por fim, as delimitações do tema e a presente estrutura da pesquisa. No segundo capítulo temos a fundamentação teórica de pesquisa que se divide nos seguintes tópicos: estratégias de atendimento de demanda, *engineer-to-order* (ETO) e tempos de fabricação. O terceiro capítulo apresenta a metodologia, ou seja, os métodos utilizados para a condução da pesquisa e realização das medições. São descritos no quarto capítulo a forma como a pesquisa foi efetivamente colocada em prática, seu desenvolvimento e os resultados obtidos. Os mesmos resultados são discutidos no quinto capítulo, juntamente com a análise da execução da pesquisa como um todo, incluindo limitações e eficácia.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A fundamentação teórica deste trabalho apresentará os principais conceitos relevantes ao desenvolvimento da pesquisa. Esta seção servirá como base para atingir o objetivo final do trabalho, mostrando o histórico científico relacionado com o tema e a respeito dos tópicos que envolvem a sua execução.

2.1 ESTRATÉGIAS DE ATENDIMENTO DE DEMANDA

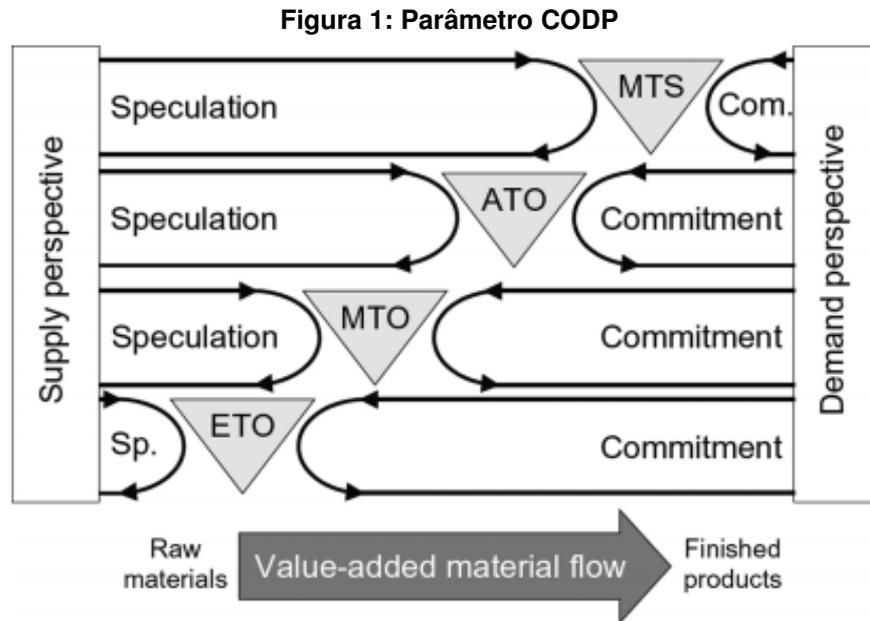
Este tópico abordará os principais conceitos a respeito das quatro estratégias de atendimento de demanda. Os conceitos que serão expressos são baseados em estudos de diversos autores que contribuíram de alguma forma para esta discussão. Será explicado o que são cada uma destas estratégias, como se diferenciam entre si, quais os seus pontos fortes e quais as suas fraquezas. Será exposto também a sucessão de etapas que vão desde a fase inicial até a entrega do produto.

Para atender a demanda dos clientes por seus produtos as empresas podem lançar mão de quatro estratégias distintas de gestão de demanda. Estas estratégias são determinadas pelas características dos produtos que a empresa oferece aos seus clientes e influenciam a maneira como todo o sistema da empresa se constrói desde o processo de orçamento, venda, projeção, produção, até a entrega do produto. Podemos classificar as mesmas da seguinte maneira (GODINHO FILHO, 2004):

- MTS – *make-to-stock* (produção para estoque);
- ATO – *assemble-to-order* (montagem sob encomenda);
- MTO – *make-to-order* (produção sob encomenda);
- ETO – *engineer-to-order* (engenharia sob encomenda).

Segundo Haug, Ladeby e Edwards (2009) a definição destas estratégias está associada ao *customer order decoupling point* (CODP), que traduzindo literalmente seria ponto de desacoplamento do pedido do cliente, porém no Brasil é conhecido apenas como ponto de dissociação ou ponto de penetração. O CODP é o parâmetro que define a abordagem de manufatura que será utilizada pela empresa, sendo as quatro anteriormente citadas os padrões mais encontrados. Em outras palavras, para

os mesmos, o que diferencia estas quatro estratégias é o ponto de ligação entre o produto e o pedido do cliente. A figura 1 explicita esta visão:



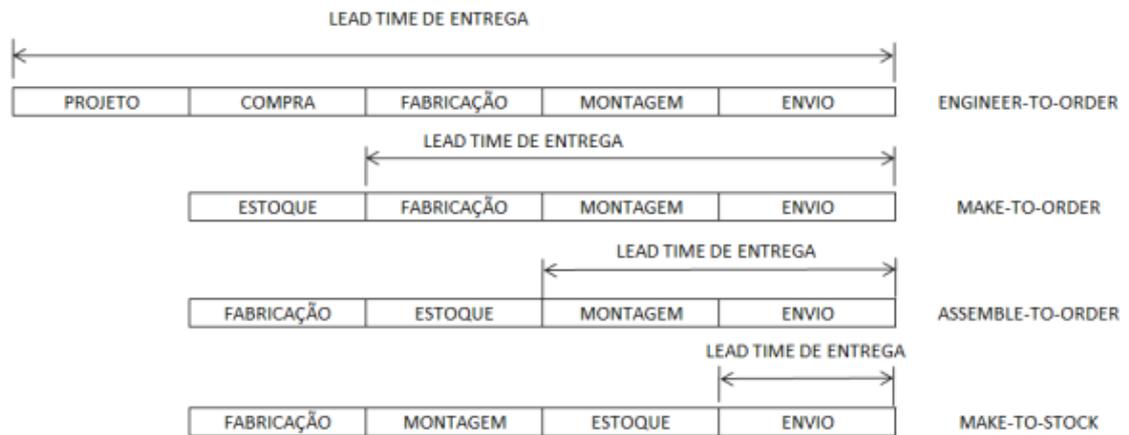
Fonte: Haug, Ladeby e Edwards (2009, pg 2).

A determinação de como a estratégia de gestão de demanda da empresa será realizada, segundo este conceito, é determinada pela posição que se encontra o CODP no processo (SAIA, 2013).

Para Pires (2004) esta divisão está relacionada a uma maior ou menor participação do cliente na definição do produto. Para Arnold (2006) a definição de uma destas estratégias está relacionada com o tempo de *lead time* de entrega, isto é, o tempo entre receber um pedido e a entrega do produto. Para o mesmo, os clientes querem o menor tempo de entrega possível, tendo as empresas assim, a missão de definir a melhor estratégia para atender esta expectativa. Entretanto, Pires (2004) considera que na maioria das vezes quem define a estratégia que a empresa deve seguir é o mercado e suas necessidades específicas.

Segundo Arnold (2006) o *lead time* será diferente para cada uma das estratégias e proporcional ao nível de participação do cliente no processo. Quanto mais cedo no processo estiver localizado o CODP, mais longo será o tempo para entrega final do pedido. A figura 2 representa um esquema onde os processos são expostos conforme o seu *lead time*:

Figura 2: Estratégias quanto ao lead time



Fonte: Arnold (2006, p.22).

2.1.1 Aspectos gerais do MTS

O primeiro sistema a ser exposto foi o MTS, conhecido por sua produção para estoque. Pires (2004) afirma que, a produção vem antes da venda, logo, vende-se o que há em estoque, obedecendo à seguinte ordem: previsão de vendas, planejamento de produção, produção, venda e entrega. A previsão de vendas é vista como um processo crucial para o bom andamento dos negócios. Os produtos são padronizados e a única interferência possível para o cliente é através das pesquisas de mercado (PIRES, 2004).

Arnold (2006), afirma que o tempo de entrega no MTS é o mais curto entre todos. Para Ritzman, Krajewski e Malhotra (2009), produzir para estoque minimiza os prazos de entrega, sendo viável para produtos padronizados, com grandes volumes e previsões de demanda razoavelmente precisas, seus critérios competitivos geralmente são qualidade consistente e custos. A estratégia MTS geralmente tem como ponto fraco os altos custos com estoque e dificuldades relacionadas ao nível de incerteza atrelado ao processo de previsão (RORIGUES; OLIVEIRA, 2010).

2.1.2 Aspectos gerais do ATO

Na estratégia de manufatura ATO todos os componentes de um produto são produzidos e estocados até que seja recebido um pedido de compra vindo do cliente,

onde o mesmo seleciona uma combinação de montagem utilizando algumas das peças previamente fabricadas. Desta maneira há uma estratégia que é composta pela mistura de outras duas dentro da fábrica: produzir para estoque os componentes e apenas montar o produto sob encomenda (IRAVANI; LUANGKERSON; SIMCHI-LEVI, 2002).

No sistema ATO, quando o pedido do cliente é recebido, os processos de montagem concluem a fabricação do produto, utilizando componentes pré-fabricados. Nesse caso há dois critérios distintos, baixo custo para os componentes industriais e flexibilidade para a montagem (RITZMAN; KRAJEWSKI; MALHOTRA, 2009). O sistema segue a seguinte ordem: previsão de demanda de componentes, planejamento de produção de componentes para estoque, vendas, planejamento de produção final, produção final e entrega. Para Arnold (2006), no ATO a participação do cliente no processo é limitada a selecionar qual a composição de montagem de produto o mesmo deseja dentro de opções pré-existentes.

2.1.3 Aspectos gerais do MTO

No sistema MTO a produção é iniciada somente quando o produto já houver sido vendido, ou seja, a produção é baseada em pedidos firmados em carteira. Conforme aponta Pires (2004) neste sistema, onde os produtos são produzidos sob encomenda, o cliente tem maior influência, podendo fazer alterações inclusive durante a fase de produção. O mesmo ainda descreve a sequência de manufatura dos produtos como sendo: vender, planejar, produzir e entregar.

Complementando, Ritzman, Krajewski e Malhotra (2009) consideram que o MTO deve ter como critério competitivo a adaptação à diversidade e a flexibilidade, sempre atentando para as variadas necessidades de customização do cliente. No MTO os estoques costumam ser reduzidos, porém o *lead time* só não é maior do que no ETO (ARNOLD, 2006).

2.1.4 Aspectos gerais do ETO

O ETO nada mais é do que uma extensão do MTO, porém com a etapa de projeção feita também sob encomenda. Algumas características do sistema são alta

customização dos produtos e forte interação com os clientes (PIRES, 2004). O que Arnold (2006) considera importante sobre o ETO é que o *lead time* geralmente é longo devido à inclusão da fase de projeto dentro deste. Outro ponto ressaltado é que os estoques não são adquiridos até que haja necessidade de produção. O ETO é muito utilizado no setor de bens de capital, especialmente em grandes projetos. A ordem dos processos é semelhante ao MTO, porém com inclusão do processo de projetar o produto antes do processo de venda (PIRES, 2004).

2.2 O SISTEMA ETO (*ENGINEER TO ORDER*)

Neste tópico serão abordados, de maneira aprofundada, os aspectos que definem esta estratégia de atendimento de demanda. Serão descritas as principais dificuldades encontradas no modelo, bem como as oportunidades de melhoria, além de classificação e particularidades importantes. Serão mencionados diversos autores que tiveram uma importante contribuição para este estudo.

Para Cutler (2009), o ETO está além de um processo de engenharia, trata-se de uma filosofia. No ETO os produtos são projetados e vendidos com o intuito exclusivo de atender uma necessidade específica de cada cliente em individual. Existe uma relação direta entre o nível de customização do produto vendido e a necessidade de projetar um produto sob encomenda. A existência do sistema ETO proporciona ao cliente o envolvimento na parte de desenvolvimento de produto necessário para alguns projetos (MILAN; SOSO, 2012).

O ETO é considerado um sistema de alto contato entre o fabricante e o cliente. Geralmente há um relacionamento direto da empresa com os clientes, sem que haja intermédio de vendedores ou lojas. O relacionamento se dá de maneira mais prolongada, e perdura por todo o período de desenvolvimento do projeto. Outra particularidade é que os clientes acabam obtendo contato inclusive com setores mais técnicos da empresa (SLACK, 1997).

Há atualmente um número elevado de empresas dentro dessa classificação com problemas muito similares. As dificuldades encontradas por essas organizações são de fato muito conhecidas para a maioria dos praticantes dessa estratégia. Em contrapartida a essa similaridade encontrada faltam ainda estudos a respeito das melhores abordagens para gerir os processos e solucionar estes problemas. Uma das

maiores dificuldades de tratar os problemas oriundos desta estratégia de produção é o fato de muitos autores tratarem as empresas ETO como um sistema homogêneo onde as mesmas abordagens produziriam resultados satisfatórios em qualquer empresa que se adéque nesta classificação de atendimento de demanda (SAIA, 2013).

Bertrand e Munstlag (1993) relatam que existem algumas diferenças que podem ser encontradas em meio às empresas que seguem o sistema ETO, são elas: a complexidade do produto, o grau de especificação do consumidor para com o produto, o leiaute e complexidade do processo produtivo e as características dos concorrentes e do mercado. Do ponto de vista de Saia (2013) a principal diferenciação entre as diversas empresas que seguem o modelo, estaria entre aquelas que fabricam produtos completamente novos para clientes específicos e aquelas que adotam uma estratégia de diversidade entre produtos padronizados e customizados.

Segundo Saia (2013), existem 8 aspectos de customização que as empresas classificadas nesta categoria costumam adotar, são elas: padronização, uso, embalagens e distribuição, serviços adicionais, trabalho customizado adicional, montagem, fabricação e design. Conforme a análise que Amaral (2015) fez a respeito de uma gama de trabalhos importante na área, estão listados abaixo os pontos que influenciam o funcionamento do ETO:

- Longos tempos de entrega;
- Diversidade de produtos e peças;
- Variabilidade do fluxo operacional;
- Elevados custos;
- Início e fim dos trabalhos definidos.

As necessidades de atendimento e os modos de operação do ETO geram por consequência um aumento da flexibilidade e da eficiência, porém estes produtos tendem a ser mais caros em comparação aos produtos fabricados para estoque (MILAN, SOSO 2012). Em contrapartida, Saia (2013) considera o sistema ETO complexo e ineficiente, porém exalta sua capacidade de customização, sendo que seu grande ganho estaria na possibilidade para o cliente de participar ativamente na concepção do produto. Quanto à dinâmica de produção, Bertrand e Munstlag (1993)

ressaltam que há uma grande flutuação no mix de produção em curto e médio período, sendo assim a flexibilidade do processo produtivo se torna extremamente necessária.

Bertrand e Munstlag (1993) alertam para o alto nível e incerteza que está envolvido na estratégia ETO. Segundo os mesmos, a cada início de projeto é sempre um desafio estimar preço, lead time e capacidade. Apesar de essa incerteza diminuir ao longo do desenvolvimento do projeto, há sempre um alto risco das coisas precisarem ser feitas de maneira diferente do planejado, ou seja, mais gasto de material e tempo do que o estimado e cotado. Outro ponto que gera incerteza está relacionado com o mix e volume de produção futuros: o fato de haver muitas peculiaridades relacionadas a cada cliente e as variadas linhas de produto. Também é necessário mencionar que geralmente há uma grande flutuação de vendas que torna o planejamento de capacidade muito difícil, assim como o planejamento de produção (BERTRAND; MUNSTLAG, 1993).

Saia (2013) define da seguinte maneira a sucessão dos processos para a venda, produção e entrega de um produto em uma empresa do sistema ETO:

- Solicitação do produto por parte do cliente;
- Solicitação é repassada para engenharia simplificada;
- Contrato fechado;
- Engenharia detalhada é realizada;
- Definidas especificação técnicas de materiais, produto é estruturado e é calculado o custo das matérias primas;
- Programação das datas para cada tarefa;
- Realização de desenhos detalhados por projetistas;
- Compras de materiais e de ferramentas;
- Fabricação, ensaios e testes;
- Entrega do produto.

Milan e Soso (2012) consideram que, mesmo a estratégia ETO produzindo todos os seus produtos sob encomenda, é recomendável manter estoque de alguns itens principais de matéria-prima, aqueles que apesar da grande variabilidade dos projetos vendidos, acabam sendo frequentemente utilizados. O motivo para adotar esta postura é a proteção contra as oscilações do mercado fornecedor e a possibilidade de reduzir em parte os tempos de entrega. Segundo Stefanelli (2010) as

operações dentro desse sistema de produção costumam apresentar alta variação de tempos de execução. Além disso, muitas vezes estes tempos não são sequer conhecidos, nem por média. O fato de muitos produtos estarem constantemente sendo fabricados pela primeira vez contribui fortemente para essa falta de dados.

2.3 TEMPOS DE FABRICAÇÃO

Possuir uma base de dados de tempos de fabricação que possibilite gerar estimativas e gerenciar os processos é de fundamental importância para as empresas que estão classificadas na estratégia ETO. É através desses dados que estas companhias podem embasar seus projetos, seu planejamento e programação de produção e suas estimativas de custos (YANG; LIU; LI, 2011).

O princípio dos estudos de tempos de fabricação se deu em 1881 na usina *Midvale Steel Company*, através de Frederick Taylor. Com o intuito de criar uma convergência entre os interesses da empresa e dos trabalhadores, o mesmo buscou determinar um parâmetro para uma “carga de trabalho apropriada e justa para a mão-de-obra”. Outras personagens que também foram de suma importância na história do estudo de tempos e movimentos foram o casal Frank. B. Gilberth e Lillian M. Gilberth, desenvolvendo diversos princípios e técnicas que vem sendo adotados pela indústria de maneira crescente até os dias atuais (BARNES, 2012).

Para Taylor: “o maior obstáculo para a cooperação harmoniosa entre a empresa e os trabalhadores era a incapacidade que a administração tinha em estabelecer uma carga de trabalho apropriada e justa para a mão de obra” (BARNES, 2012, pg. 8). Partindo deste princípio Taylor recebeu apoio para então realizar estudo, com o intuito de encontrar um denominador comum entre os interesses dos trabalhadores e os da empresa, a respeito do ritmo ideal de trabalho, conforme relata Barnes (2012).

Para Corrêa e Corrêa (2006) o estudo de tempos pretende definir o tempo que um indivíduo leva para executar uma operação específica. Inicialmente estes estudos foram divididos em duas partes: a primeira trata-se do ponto de vista fisiológico do trabalhador, o que depois contribui para o desenvolvimento dos estudos a respeito da ergonomia de trabalho nas plantas fabris. O segundo ponto de vista abordado foi o de cronometragem das atividades e análise do trabalho, realizados por engenheiros

(BARNES, 2012). Os objetivos do estudo de tempo e movimentos segundo Barnes (2012) estão listados abaixo;

- Desenvolver o sistema e o método preferido;
- Padronizar esse sistema e método;
- Determinar o tempo para uma pessoa qualificada e devidamente treinada, trabalhando em um ritmo normal, para executar uma tarefa ou operação;
- Orientar o treinamento do trabalhador no método preferido.

Vieira et. al (2015) ressaltam que o estudo de tempos tem importante papel na detecção de problemas, e no aperfeiçoamento e acompanhamento do desempenho dos trabalhadores no sistema de produção Neste ínterim, Barnes (2012) aponta que estes estudos têm como finalidade, além de definir o tempo-padrão, auxiliar como embasamento, nos seguintes parâmetros:

- Planejamento e programação da produção: estimativas de entregas, projeções de lead time e definição do mix de produção;
- Na formação do preço de venda, informar o custo direto relacionado à mão de obra além de servir como critério de rateio dos custos indiretos;
- Determinar e controlar os custos de mão de obra envolvidos no processo de produção;
- Base para incentivos salariais ou premiações.

Amaro (2012) aponta que existem três métodos para se realizar a definição dos tempos de fabricação: estimativa de tempo, análise de dados históricos e medição de tempo. Para o mesmo os dois primeiros eram mais usados antigamente, baseados na experiência e não em dados coletados sendo assim imprecisos e inadequados para o nível de competição global atual. Também para Barnes (2012) o método ideal para medição de trabalho humano é a cronometragem. Divide-se a operação em elementos cronometrando cada um destes. O tempo total da operação será a soma dos tempos dos elementos. A velocidade com que o operador executa a operação deve ser avaliada pelo observador que executa a cronometragem. O tempo pode ser ajustado para que esteja de acordo com a execução no ritmo ideal desejado. Este ritmo ideal seria o mesmo que foi referido no terceiro parágrafo deste tópico, ou seja, o ritmo de

uma pessoa qualificada, treinada e com experiência realizando a tarefa em condições normais.

Barnes (2012) define o tempo padrão como o número padrão de minutos que uma pessoa qualificada, treinada e com experiência deveria levar para realizar uma tarefa em condições normais. Para Leitão, Benamor e Mecena (2007) os benefícios da obtenção de um tempo padrão de trabalho são a melhora das estimativas de custos e prazos de entrega, o que é muito importante para o planejamento e controle da produção.

2.3.1 Tempo de ciclo, tempo normal e tempo padrão

O primeiro tempo a ser determinado no estudo é o tempo de ciclo. Podemos definir o tempo de ciclo como o tempo total de processamento de uma unidade de produto a partir de sua entrada no processo até sua saída para o processo seguinte (ARNOLD, 2006). O tempo normal será o tempo encontrado ajustado ao ritmo ideal de trabalho, segundo o observador. O objetivo do observador é avaliar se o ritmo desenvolvido na coleta de dados corresponde ao ritmo em que “um operador qualificado, trabalhando em um ritmo normal, possa executar sem dificuldade o trabalho no tempo especificado” (BARNES, 2012, pg. 5).

Definido o tempo normal, o próximo passo será definir o tempo-padrão. Para isso, devemos acrescentar àquele os tempos de tolerância referentes às necessidades pessoais, fadigas e esperas, conforme mostra Barnes (2012). Também vai compor o tempo-padrão aqueles os elementos de tempo que estão relacionados à limitação por mão de obra, diferentemente do tempo de ciclo que diz respeito ao equipamento (BARNES, 2012)

Amaral (2015) explica que tempo encontrado na cronometragem dos elementos cíclicos nas condições desejadas é denominado tempo normal, neste tempo normal deve-se adicionar tolerâncias para necessidades pessoais, fadiga e esperas, obtendo como resultado o tempo-padrão. A respeito das tolerâncias, Amaral (2015) define os seguintes parâmetros:

- Tolerância para necessidades pessoais do funcionário: de 2 a 5% para uma jornada de 8 horas de trabalho, ou seja, de 10 a 24 minutos;

- Tolerância para fadiga e esforço físico: Pode variar de 5 a 15 minutos por turno de trabalho e tem como fatores de variação temperatura, umidade, poeira, risco de acidente, tipo de serviço (leve, pesado), podendo variar de um trabalhador para outro.
- Tolerância de espera: divide-se em situações evitáveis e inevitáveis. Uma situação é inevitável pode ser a quebra de uma máquina, a lesão de um operador, falta de energia ou qualquer outro motivo de força maior. Nesse caso a tolerância deve ser uma estimativa em cima da frequência de ocorrência de eventos deste tipo baseados em estudos ou amostragens. As situações evitáveis são todas as outras que não se enquadram como inevitáveis.

Resumidamente, com cronoanálise dos elementos cíclicos do equipamento obtêm-se o tempo de ciclo, após isso avalia-se o ritmo ideal e obtêm-se o tempo normal. Ao tempo normal acrescentam-se os fatores de perda e os elementos de tempo ligados ao operador, como preparações e *set-ups* de máquina, então obtêm-se o tempo-padrão da operação (AMARAL, 2015).

2.3.2 Definindo tempos de fabricação

Para Chen e Wang (2012) estimar o tempo de ciclo de cada operação dentro da produção é de suma importância, pois, dentre outros motivos, desta maneira é possível saber se os pedidos estão progredindo da maneira como era esperada. No caso de o pedido não estar progredindo da maneira adequada, tornando o seu tempo de fabricação mais longo do que o esperado, sabe-se que o pedido provavelmente não será entregue na data planejada, devendo ser tomada alguma ação para acelerar o processo.

A sequência de passos a respeito de como esse processo deve ser realizado pode variar um pouco de empresa para empresa, mas no geral, deve seguir as seguintes etapas (BARNES, 2012; CORRÊA; CORRÊA, 2006; AMARAL, 2015):

- 1- Obtenha e registre informações sobre a operação e o operador em estudo;
- 2- Divida a operação em elementos e registre uma descrição completa do método;

- 3- Observe e registre os tempos gastos pelo operador;
- 4- Determine o número de ciclos a ser cronometrado;
- 5- Avalie o ritmo do operador;
- 6- Verifique se foi cronometrado um número suficiente de ciclos;
- 7- Insira as tolerâncias;
- 8- Obtenha do tempo-padrão da operação.

É importante registrar, na ficha onde será feito o registro da cronoanálise, informações importantes a identificação, para que futuramente este estudo ainda possa servir como fonte de informações, quando o analista já houver esquecido as circunstâncias da execução das medições. Os dados que devem ser informados geralmente são: informações necessárias com relação à operação, peça, material, cliente, número de ordem e dimensões do lote (BARNES, 2012).

Para Amaro (2012) há duas maneiras de realizar a medição dos tempos: A medição de tempo contínuo e a medição de tempo unitário. Na medição contínuo mede-se a realização de toda a operação do início ao fim englobando todas as tarefas, já na medição unitária é medido o tempo de duração de cada tarefa. Amaro (2012) aponta que há vantagem e desvantagens pertinentes a cada uma destas 2 técnicas, essas estão representadas no quadro 1:

Quadro 1: Vantagens e desvantagens das medições contínua e unitária

	Medição contínua	Medição unitária
Vantagens	<p>Medição do tempo contínuo.</p> <p>Erros de leitura são compensados na próxima medição.</p> <p>Não há influência na avaliação do rendimento pelo conhecimento do tempo unitário.</p> <p>Não se perdem tempos unitários.</p>	<p>Não é necessário calcular os tempos unitários.</p> <p>Evita erros de cálculo.</p> <p>Uma variação dos tempos medidos resultantes de irregularidades na sequência operacional aparece de imediato.</p>
Desvantagens	<p>Os tempos unitários têm de ser calculados.</p> <p>As variações de tempo dos elementos não são prontamente visíveis no decorrer do estudo.</p>	<p>Possível influência na determinação do grau de rendimento devido ao conhecimento do tempo da fase do processo.</p> <p>Possíveis atrasos pelo acionamento mecânico do instrumento de medição dos tempos.</p> <p>É necessário uma medição adicional do tempo.</p> <p>Maior custo dos instrumentos de medição.</p>

Fonte: Amaro, 2012, pg.9

Barnes (2012) afirma que a melhor técnica de medição é dividindo a operação em elementos, pois os resultados são muito melhores quando a cronometragem é feita desta maneira em oposição a medir a operação como um todo. Segundo o mesmo, dividir a operação contribui para que futuramente se possa analisar melhor a cada etapa, em ordem de obter ganhos produtivos, pois fica mais fácil identificar aonde é necessário e possível que seja feita alguma melhoria de processo. Outra vantagem apontada seria identificar procedimentos que estão consumindo tempo excessivo ou insuficiente. Um motivo adicional seria que, dependendo da duração do tempo total da operação podem haver oscilações de ritmo de trabalho, cronometrando cada elemento fica fácil identificar essas oscilações.

Para uma correta divisão por elementos deve-se, conforme Barnes (2012) levar em conta 3 regras:

- Os elementos devem ser tão curtos quanto o compatível com uma medida precisa;
- O tempo de manuseio deve ser separado do tempo máquina;
- Os elementos constantes devem ser separados dos elementos variáveis.

A respeito do tamanho dos elementos deve-se levar em conta que é necessário que seja possível cronometrá-los, ou seja, elementos excessivamente curtos devem ser agrupados para que se possa medi-los com mais precisão (BARNES, 2012).

2.3.3 Estatística aplicada à definição de tempos padrão

Segundo Barnes (2012) é impossível que não haja variação entre diferentes execuções de um mesmo elemento. As variações podem ser causadas por vários motivos, incluindo diferente postura, posição de peças e ferramentas e até mesmo variação na leitura do cronômetro. Por isso, a representatividade dos resultados obtidos é diretamente proporcional ao tamanho da amostragem de dados coletados (BARNES, 2012).

Para Corrêa e Corrêa (2006), a definição do tamanho correto da amostra para definição de tempo de cliço deve partir de uma amostragem menor que irá possibilitar a obtenção de uma média e desvio padrão inicial. Estes valores serão inseridos,

juntamente em uma fórmula que também leva em consideração o nível de precisão que se deseja obter. Amaral (2015) explanou este cálculo de maneira detalhada como segue:

$$n = \left[\left(\frac{z}{p} \right) \left(\frac{\sigma}{t} \right) \right]^2 \dots\dots\dots \text{Equação (1)}$$

n = tamanho necessário de amostra

p= precisão requerida para tempo estimado

t =média de tempos para os elementos preliminares

σ = desvio-padrão de tempos dos elementos preliminares

z = quantidade de desvios padrão necessários para o nível de confiança desejado

Portanto, inicialmente deve ser calculada a média e o desvio padrão da amostragem inicial para que através da fórmula anterior possa-se obter o número necessário de medições para atingir o nível de confiabilidade desejada. Segundo Barnes (2012), em estudos de tempos geralmente é utilizado o nível de confiança de 95% e um erro relativo de $\pm 5\%$. Isso significa que “com 95% de probabilidade a média dos valores não diferirá mais de $\pm 5\%$ do valor verdadeiro de duração do elemento” (BARNES, 2012, pg.285). A tabela 3 apresenta os valores de “z” para um nível de confiança aceitável na quantificação da amostragem:

Tabela 3: Valores para z

Confiança desejada (%)	Z
90	1,65
95	1,96
96	2,05
97	2,17
98	2,33
99	2,58

Fonte: Corrêa (2006,p. 366).

Os valores de confiança desejada baseados na tabela para valores de “z” são oriundos do conceito estatístico de distribuição normal. A distribuição normal, cujo nome real é curva de Gauss-Moivre-Laplace, serve de base para os estudos de Inferência, principal área da estatística. Segundo a curva de distribuição normal

resultados aleatórios tendem a se distribuir em torno da média da amostragem de maneira a formar uma curva em formato de sino, onde há uma diminuição exponencial de probabilidade de que um resultado ocorra conforme ele se afasta do eixo central (BITTENCOURT; VIALI, 2006).

Segundo Bittencourt e Viali (2006) a distribuição normal é útil, entre outras coisas, para a definição dos intervalos de confiança de fenômenos aleatórios, conforme será utilizada na execução dessa pesquisa. Para o mesmo, tal distribuição relaciona a distribuição percentual dos resultados da amostragem com a quantidade de desvios-padrão relativos à média desta.

Não há nenhum parâmetro para definir a amostra inicial que deve ser feita em ordem de calcular a amostra final, porém, Barnes (2012) cita que uma possibilidade para supor essa amostra inicial seria utilizar a quantidade de 10 medições para tempos de ciclo de até em torno de 2 minutos e 5 medições para ciclos que ficam acima disso.

2.4 CRONOANÁLISE

Cronoanálise é o termo pelo qual geralmente refere-se ao estudo de tempos nas empresas atualmente. O termo cronoanálise tem sua origem na soma do sufixo “crono” (tempo) com a palavra análise (DEWES, 2010). Segundo Wagner (2011), a cronoanálise teve sua origem no estudo de tempos e movimentos e é uma técnica utilizada com o intuito de trazer uma maior racionalização aos processos. Toledo Júnior (2007), caracteriza a cronoanálise como necessária para definir os seguintes parâmetros:

- rotina de trabalho;
- produtividade e eficiência;
- acoplamento de máquinas;
- sincronismo de trabalho;
- carga de máquina;
- carga de mão de obra;
- prêmios de produção;
- viabilidade econômica;
- custos industriais.

Wagner (2011), aponta que a cronoanálise tem um resultado mais satisfatório quando aplicada a sistemas de produção em massa, pois dessa maneira os movimentos são mais repetitivos e conseqüentemente, mais fáceis de serem identificados. Muitas empresas possuem um setor completo responsável pelos estudos de cronoanálise que, além de verificar tempos, em muitos casos, ficam incumbidos de avaliar outros aspectos do setor de produção, como a necessidade de utilização de dispositivos para racionalização dos tempos, estudo de layout, objetivando o menor caminho a ser percorrido pelo produto, eliminando refluxos e cruzamentos durante o processo de fabricação, bem como avaliação do posto de trabalho quanto à temperatura, umidade, luminosidade e ao ruído no local e, ainda, a avaliação ergonômica (DEWES, 2010).

Para Farias (2016) a cronoanálise é o método de identificação do tempo padrão das operações e também pode ser aplicada para melhorias no balanceamento da produção. Dewes (2010) ressalta também a importância do setor de cronoanálise, naquelas empresas que o possuem, estar alinhado com o setor de métodos e processos, a fim de atingir melhores resultados.

A cronoanálise necessita ser feita de forma coordenada, sistemática e sequenciada, seguindo etapas, as quais poderiam ser chamadas de padrões ou básicas, para que possa ter credibilidade perante os seus interessados e seus objetivos sejam alcançados na sua plenitude (SLACK, et al., 2018). Farias (2016) ressalta que a análise bem executada, com o auxílio do estudo de tempos e movimentos, cronometragem e a cronoanálise pode reduzir os tempos de operação, possibilitar a proposição de melhorias e reduzir custos de produção, levando assim a uma melhora dos resultados da empresa

3. METODOLOGIA

Este capítulo visa descrever os métodos utilizados na condução desta pesquisa.

3.1 CLASSIFICAÇÕES DESTA PESQUISA

Este trabalho classifica-se como sendo de natureza aplicada. Segundo afirmam Prodanov e Freitas (2013), este tipo de pesquisa tem como característica o intuito de gerar conhecimento para aplicação prática. Além disso, ressaltam que a pesquisa de natureza aplicada trata de problemas específicos, a fim de encontrar soluções específicas para tais problemas. A classificação da presente pesquisa ocorre, portanto, pelo fato ter sido originada de um problema, conforme classificam Prodanov e Freitas (2013), específico, conduzindo o foco de solução na geração de resultados aplicáveis e efetivos ao caso estudado.

No que tange aos objetivos a presente pesquisa classifica-se como sendo de caráter exploratório, pois busca expor a base teórica a respeito do tema investigado influenciando a definição dos objetivos a serem alcançados. Segundo Prodanov e Freitas (2013) a pesquisa de caráter exploratório tem como intuito a demonstração do modo ou causa através do qual se produz um fato. Neste ínterim, Gil (2010) ressalta que a pesquisa exploratória expõe o histórico e estágio da questão através de levantamento bibliográfico e/ou estudo de caso.

A respeito dos procedimentos utilizados na condução desta pesquisa, a mesma enquadra-se em três classificações, sendo elas:

- Estudo de caso: trata do aprofundamento em um número reduzido de objetos como o intuito de aprofundar o entendimento sobre o mesmo (MASCARENHAS, 2012);
- Pesquisa Bibliográfica: É realizada através da investigação de todo tipo de conteúdo gerado com relação ao assunto estudado. Nesta investigação incluem-se artigos, livros, enciclopédias, publicações e todo tipo de conteúdo gerado com base em análise conceitual de dados coletados (GIL, 2010).

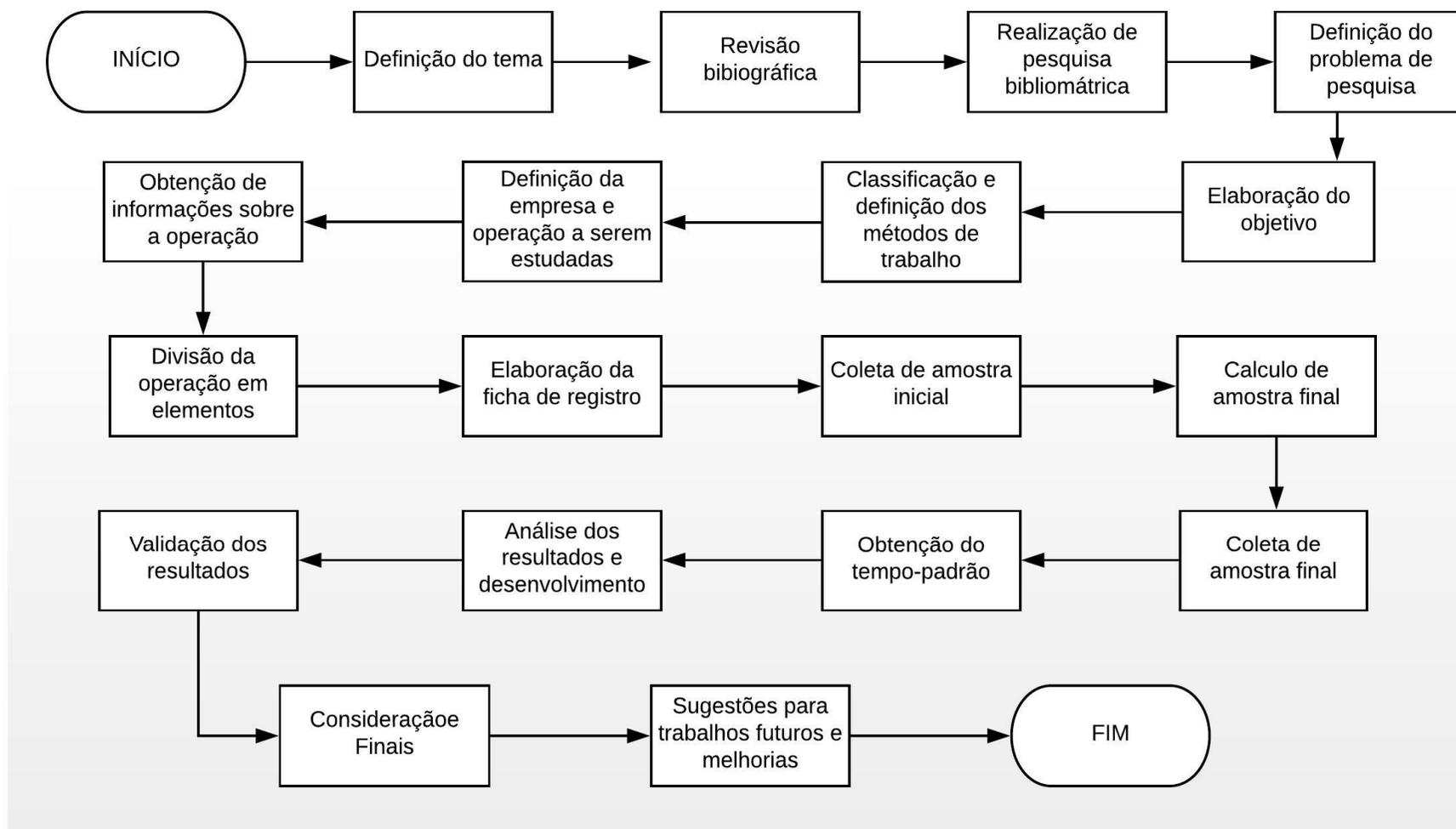
- Pesquisa documental: diferentemente da pesquisa bibliográfica que trata da contextualização de dados, a pesquisa documental ocorre ao se analisarem os próprios dados (GIL, 2010). Esta pesquisa se adéqua nesta classificação pelo fato de pretender analisar os dados que serão coletados após a sua execução.

Quanto à abordagem utilizada para a condução da pesquisa podemos dizer que a mesma se caracteriza como mista, ou seja, envolve tanto aspectos de pesquisa quantitativa quanto de pesquisa qualitativa. Os métodos quantitativo e qualitativo estão interligados de maneira que complementam um ao outro, desta maneira, aliar as duas coisas é maneira mais completa de se conduzir uma pesquisa. Dentro do conjunto dos dados quantitativos encontram-se todos os que podem ser expressos em números e analisados estatisticamente. Por outro lado, a pesquisa qualitativa se vale de raciocínio lógico-indutivo, que não está expresso em números, mas pode ser contextualizado, não utilizando fórmulas ou ferramentas pré-existentes para interpretar os fenômenos e atribuir-lhes significado. O pesquisador se vale do ambiente natural para a coleta de dados e conduz a pesquisa de forma descritiva, tendo como foco o processo e seu significado. (PRODANOV; FREITAS, 2013; YIN, 2003)

3.2 MÉTODO DE TRABALHO

Nesta seção, apresenta-se o método de trabalho para o desenvolvimento do estudo. Yin (2003) aponta que o método de trabalho é o caminho detalhado que será percorrido a fim de atingir o objetivo de pesquisa. O método de trabalho trata-se de um conjunto de técnicas e procedimentos sistemáticos que será utilizado para obter os resultados (GIL, 2010; PRODANOV; FREITAS, 2009). A figura 3 expõe os passos necessários para execução desta pesquisa:

Figura 3: Fluxograma de representação da sequência do método de trabalho



Fonte: elaborado pelo autor

Os processos representados nesta sequência são explicados de maneira sucinta a seguir:

- 1- Definição do tema: Etapa inicial do processo em que se decidiu por trabalhar na área de estudo de tempos e movimentos, tendo em vista que estes parâmetros podem servir como base para diversas melhorias produtivas. Além disso, decidiu-se por aplicar os conceitos de tempos em uma empresa com características ETO, acreditando que esse é um desafio importante a ser estudado.
- 2- Revisão bibliográfica: Foi realizada através da pesquisa e leitura de livros, artigos científicos, teses e dissertações. O intuito nesta etapa é compreender e expor o que se produziu de importante em relação aos assuntos que compõe o tema de estudo;
- 3- Realização de pesquisa bibliométrica: Realizada como complemento ao item anterior dando bases para justificar a importância da pesquisa em questão. Os instrumentos de pesquisa para esta etapa foram as bases científicas *scopus* e *web of science*;
- 4- Definição do problema de pesquisa: baseado no tema proposto formulou-se a questão que se deseja responder com a execução desta pesquisa: “Como definir os tempos de processo de uma operação dentro de uma empresa com características *Engineer-to-order*?”
- 5- Elaboração do objetivo: Trata-se do objetivo principal da pesquisa que precisa ser atingido para solução do problema, além dos objetivos específicos que precisam ser atendidos para a obtenção do objetivo geral, ambos abordados no capítulo 1;
- 6- Classificação e definição dos métodos de trabalho: Tem o intuito de expor a metodologia utilizada no desenvolvimento da pesquisa e está exposta no presente capítulo;
- 7- Definição da empresa e operação a serem estudadas: Uma empresa de esquadrias sob medida de Novo Hamburgo foi definida como ambiente de realização deste estudo, por caracterizar-se como uma ETO e não possuir os controles de processo que este trabalho visa propor. Além disso, com base em parâmetros técnicos que serão expostos no próximo capítulo a operação de corte de perfis de PVC foi escolhida como foco desta pesquisa.

- 8- Obtenção de informações sobre a operação: Foi verificada a não existência de um histórico de tempos a respeito da operação, sendo seus tempos definidos pelo método de estimativa. Além disso, foi averiguada a existência do manual de procedimentos padrões do processo produtivo;
- 9- Divisão da operação em elementos: Com base no manual de procedimentos padrões foram subdivididas as etapas que compõem o ciclo da operação;
- 10- Elaboração da ficha de registros: Elaborada com o intuito de facilitar a coleta dos dados de maneira clara e que cumpra todas as exigências de parâmetro a serem analisados posteriormente, para a coleta dos dados de amostra inicial. Utilizou-se o Microsoft Excel como ferramenta para formulação;
- 11- Coleta de amostra inicial: Realizada com uso de cronômetro e da ficha de registros. Foi selecionada a quantidade de 10 marcações como sendo suficiente para esta etapa;
- 12- Cálculo da amostra final: Foram aplicadas na equação exposta na seção 2, os dados encontrados na coleta inicial afim e encontrar o número ideal de cronometragens para que se atinja o nível de confiança desejado;
- 13- Coleta de amostra final: Foi realizada uma nova coletada de dados, desta vez com uma amostragem de 35 observações, com o intuito de definir o tempo padrão, dentro do nível de confiabilidade desejável;
- 14- Obtenção do tempo padrão: Resultado de tempo padrão de corte por peça, obtido com a soma dos elementos cronometrados e inserção das tolerâncias;
- 15- Análise dos resultados e desenvolvimento: A partir dos resultados do tempo padrão foi desenvolvido um modelo para cálculo de tempo-homem e tempo-máquina de corte, por esquadria e por projeto;
- 16- Validação dos resultados: Realizada através de testes práticos sobre um projeto;
- 17- Considerações finais: Teve o propósito de verificar se os objetivos foram atingidos e se o problema de pesquisa foi resolvido. Demonstrando se as hipóteses iniciais da pesquisa foram comprovadas ou refutadas;
- 18- Sugestões para trabalhos futuros e melhorias.

4. DESENVOLVIMENTO DA PESQUISA

Para realização desta pesquisa selecionou-se uma empresa localizada na cidade de Novo Hamburgo – RS que possui em torno de 50 funcionários, incluindo equipes externas. A empresa fabrica esquadrias sob medida em madeira, PVC e alumínio. Os critérios competitivos com os quais a empresa busca obter vantagem competitiva são: qualidade, flexibilidade e confiabilidade.

O foco de vendas está no mercado residencial de alto padrão, o que gera a necessidade, da parte do cliente final ou de seus arquitetos, de oferecer um produto com alto nível de diferenciação. Justamente o que caracteriza a empresa como possuindo a estratégia ETO é o fato desta fabricar as esquadrias obedecendo com flexibilidade o que é solicitado nos projetos contratados. O projeto é analisado juntamente com os responsáveis técnicos, arquitetos, engenheiros, para encontrar as soluções que melhor atendam a necessidade do cliente. Seu principal objetivo é fabricar um número reduzido de pedidos com alto grau de diferenciação e valor agregado.

O macroprocesso de fabricação de esquadrias é dividido em 3 processos, com base nos materiais utilizados como matéria-prima principal (PVC, madeira e alumínio). Desta maneira, há 3 áreas separadas de produção, sendo que cada um possui seus equipamentos, colaboradores e responsáveis. Contudo, apesar de ocorrerem em pavilhões diferentes, todos os 3 processos se dão na mesma planta industrial, em Novo Hamburgo. As equipes técnicas ou de apoio também são respectivas para cada processo. Os setores administrativos como, financeiro, contabilidade e recursos humanos, estão encarregado dos 3 processos como um todo, pois se trata de uma única empresa.

As empresas que seguem a estratégia ETO tendem a enfrentar dificuldades com o controle de seus processos e na empresa que foi escolhida como ambiente desta pesquisa não é diferente. Através de um levantamento de dados constatou-se que a empresa não possuía nenhum registro de tempos de produção ou trabalho de cronoanálise. Conforme o relato de colaboradores já houveram esforços anteriores no sentido de desenvolver um trabalho para definir os tempos de fabricação, porém não foram concluídos.

Constatou-se que até o momento da presente busca os tempos de fabricação utilizados como parâmetros eram baseados em estimativas que levavam em consideração a experiência dos gestores no dia-a-dia e o nível de complexidade da operação. Por não possuir controle a respeito do tempo de duração de seus processos a empresa enfrenta diversas dificuldades de gerenciamento e possui muita incerteza em seus processos. O primeiro ponto de incerteza está na formação do preço de venda dos produtos. Tendo em vista que a empresa realiza o orçamento conforme o projeto do cliente, tem dificuldades em calcular os custos relacionados à mão de obra, por falta desses dados de tempo. Atualmente todas as estimativas de tempo de fabricação são feitas baseadas na experiência dos responsáveis por fazê-lo, podendo-se concluir que não há um nível razoável de precisão. Isso pode acarretar problemas como perda de vendas por orçar mais caro do que deveria, ou, no caso de o valor orçado ser menor do que o real, sacrificar parte da sua margem de lucro.

Essa falta de dados, também pode gerar como consequência uma baixa precisão no cálculo de prazos de entrega. O mesmo hoje é calculado dentro de um padrão aceito pelo mercado e, apesar de ter se mostrado coerente com o que a empresa consegue realizar, poderia ser melhor estimado, gerando assim uma possível vantagem competitiva para a entrega de alguns projetos, ou esclarecer de antemão que alguns projetos podem, por sua complexidade, requerer um prazo maior. Além disso, com um prazo mais preciso, os gestores poderiam controlar de maneira mais eficiente o andamento dos pedidos e o desempenho das equipes de produção.

Seguindo na linha de controle de produção, vale salientar que uma estimativa mais precisa de tempos de fabricação também possibilitaria à empresa uma análise dos processos e conseqüentemente melhoria dos mesmos. A partir dos dados seria possível direcionar os cuidados para aquelas operações onde houvesse uma maior necessidade, ou seja, mais clareza ao serem definidos os focos de melhoria.

É importante também ressaltar, no que tange à necessidade de obter esses dados, a possibilidade de ser feita uma análise de capacidade produtiva. Por conseguinte, avaliar os índices de eficácia e eficiência da equipe produtiva e reavaliar o tamanho da mesma. Isso estende-se também à utilização dos equipamentos, a empresa não possui dados para uma avaliação precisa, conseqüentemente não tem base para tomadas de decisão quanto a adquirir ou não novos equipamentos para melhorar sua produção.

A empresa também enfrenta dificuldade ao fazer o planejamento e a programação da produção, simplesmente por não saber com precisão quanto tempo cada projeto exigirá para ser produzido ao longo das etapas do processo. Esse problema pode ser agravado quando envolve *set-ups*² de equipamentos, como é o caso na operação que foi escolhida para ser base desse estudo.

O tempo que a empresa necessita definir é o tempo padrão, pois o recurso escasso na produção é a mão de obra e não os equipamentos. A empresa possui um mínimo de equipamentos para realizar todas as operações necessários, porém, devido ao fato de trabalhar com volume baixo, não possui operadores para todos os equipamentos, sendo que os mesmos fazem uma rotação entre os postos de trabalho, conforme o andamento dos projetos. Isso indica que o nível de utilização dos equipamentos é baixo, já a mão de obra deve ser aproveitada da melhor maneira possível, pois é o recurso em escassez.

Desta maneira, a base de estudos para essa pesquisa está relacionada ao hora-homem e é esse índice que a empresa pretende utilizar para definir seus parâmetros de programação de produção e formação de preço. Mesmo assim, indicou-se através deste estudo como informação complementar, além do tempo padrão, o tempo de ciclo relacionado ao equipamento. O tempo de ciclo, que já está incluso dentro do tempo-padrão, foi apenas apontado, para o caso de a empresa ter necessidade de utilizá-lo futuramente com fins de cálculo de utilização dos equipamentos.

Portanto, uma vez selecionada a empresa, determinou-se, dentre os 3 processos existentes, qual seria o alvo do estudo. Inicialmente excluiu-se o processo envolvendo alumínio, devido estar ainda em fase inicial de implantação. Entre madeira e PVC determinou-se que fosse o setor de PVC o foco desta pesquisa. O motivo pelo qual realizou-se essa determinação está relacionado à estratégia mercadológica de cada material. No ramo das esquadrias de madeira a empresa possui uma tradição maior, comparado ao PVC, o que possibilita uma segurança nas expectativas de vendas, além de menos concorrência no seu nicho de mercado. Por outro lado, o mercado de esquadrias de PVC tem sido muito mais competitivo, com o surgimento de diversas empresas, tornando assim importante para a empresa trabalhar na

² Mudanças de configuração

melhoria e no aumento da eficiência de seus processos. A figura 4 exemplifica alguns modelos de esquadria de PVC produzidos pela empresa.

Figura 4: Modelos de abertura



Fonte: Site de empresa concorrente

É importante observar que as figuras acima exemplificam os modelos mais convencionais de abertura. Além desses modelos, a empresa produz muitos outros, sendo que estes possuem uma alta sofisticação, com sistemas de funcionamento importados e desempenhos superiores em conforto térmico e atenuação acústica. Além disso, a empresa projeta e executa modelos únicos de abertura, que não fazem parte de um portfólio prévio. O setor de PVC fabrica diversos tipos de aberturas, no tamanho que o projeto do cliente requer (respeitando alguns parâmetros máximos e mínimos, conforme a linha do perfil). Outro diferencial que a empresa oferece é a de utilizar perfis de outras cores além do tradicional branco, como preto, bronze e tons amadeirados, inclusive com textura de madeira. Apesar de criado há 15 anos, quando a empresa produzia esquadrias de madeira desde a década de 70 e possuía uma tradição em seu produto, o setor de PVC representa perto de 50% do faturamento da empresa. Essa divisão pode variar conforme os negócios fechados em uma época ou outra. A figura 5 expõe uma residência que recebeu as esquadrias de PVC na cor branca.

Figura 5: Residência com esquadrias de PVC brancas

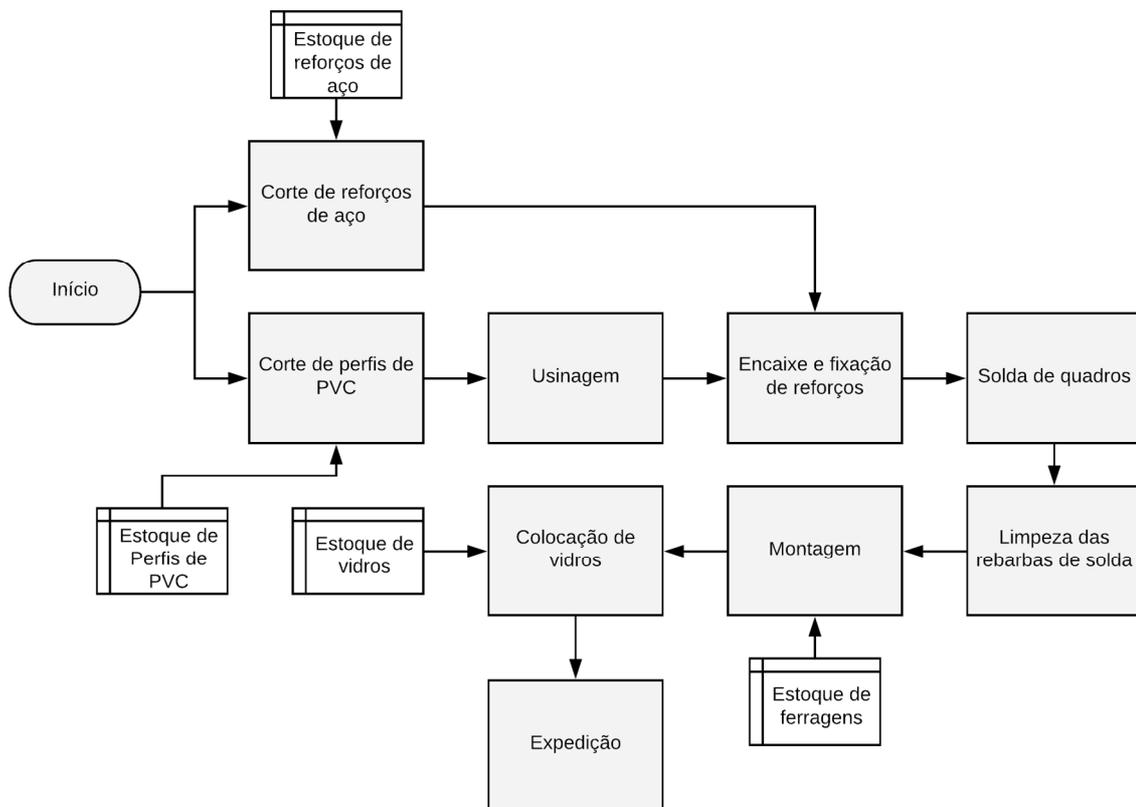


Fonte: Site da empresa

O processo de fabricação das esquadrias de PVC é considerado enxuto, quando comparado com a madeira, utilizando uma quantidade menor de maquinário, mão de obra e espaço para produzir o mesmo volume de produção. Por outro lado, as possibilidades de customização são menores, pois é necessário trabalhar com os perfis que o fornecedor oferece, enquanto a madeira é trabalhada desde o bruto, na forma que for desejada.

Após o cliente aprovar os projetos de execução e tendo sido o pedido efetivado, a empresa inicia a execução desse. Esta etapa começa a partir do momento que a obra dá condições para empresa ir ao local e medir com precisão os tamanhos de cada abertura. Com as medições realizadas, os projetos são ajustados, transformados em ordens de produção e agrupados em lotes, conforme a programação da produção. É nesse ponto que são adquiridos os principais materiais para execução das esquadrias, como perfis, vidros, ferragens (acionamentos) e motorizações. Quando todos os insumos necessários estão disponíveis inicia-se a fabricação do lote. Na figura 6 podemos ver um fluxograma que mostra o processo de produção do setor de PVC, dividido em suas operações.

Figura 6: Fluxograma setor de PVC



Fonte: Elaborado pelo autor

Sucessivamente à escolha do setor para ambientar o estudo, determinou-se em qual operação o mesmo seria realizado. Como critério avaliou-se a importância das operações para o processo. Um fator determinante de importância que se considerou diz respeito à operação escolhida estar presente na totalidade dos produtos que passam pelo setor produtivo. Dentro das diversas configurações de produtos que são fabricados, existem poucos processos considerados chave, que estão obrigatoriamente presentes em todos os itens produzidos. Dentre esses, a operação de corte de perfis de PVC foi a selecionada.

Além do motivo citado acima, existe uma razão que teve alta relevância nesta escolha. O equipamento que realiza o corte das esquadrias de PVC é o mesmo equipamento que realiza o corte das esquadrias de alumínio. Como citado anteriormente, a fabricação de esquadrias de alumínio na empresa teve seu início recentemente, mais precisamente em janeiro de 2018. Levando em conta que o nível de utilização dos equipamentos da empresa é baixo – devido ao fato do produto ser

muito customizado o volume de produção é reduzido— decidiu-se compartilhar esta máquina entre estes 2 processos distintos.

O equipamento continua posicionado dentro da linha de produção das esquadrias de PVC, sendo a matéria prima e peças cortadas do alumínio movimentadas de uma área para a outra, conforme convém ao processo. Este procedimento de compartilhamento gera a necessidade de programação do que será fabricado ou preterido e quando. A necessidade dessa programação é reforçada pela existência de um *set-up*, necessário para a troca das lâminas no equipamento, que são diferentes para um material e outro. Também é necessário realizar uma limpeza do equipamento ao trocar o material, além de ativar ou desativar o sistema de lubrificação, que é utilizado somente no caso do alumínio.

Resumindo, para se fazer uma programação correta de quando serão cortados os lotes de PVC ou de alumínio e quando serão feitos os *set-ups* se torna crucial saber quanto tempo levará cada lote para ser concluído nessa etapa do processo. Por esse motivo, caracterizou-se a necessidade de ter essa operação como foco do estudo.

Para realização do corte dos perfis é utilizada uma serra CNC com 2 cabeças, o que possibilita que a peça fique pronta ao receber 2 cortes simultâneos. Este equipamento possui um painel onde o operador insere as medidas da peça a ser cortada. Para que as serras sejam acionadas é necessário que o operador pressione 2 comandos manuais, correspondentes às 2 serras. Como medida de segurança, as serras somente mantem-se acionadas enquanto os botões estão sendo pressionados. Outro item de segurança que o equipamento possui são as proteções sobre as serras que evitam que qualquer tipo de cavaco atinja o operador. A figura 7 mostra o equipamento em questão:

Figura 7: Serra CNC de 2 cabeças

Fonte: empresa foco da pesquisa

A operação de corte pode ser resumida como cortar as peças (larguras e alturas) das esquadrias, na medida designada nas ordens de produção, a partir dos perfis adquiridos anteriormente. Os perfis que são comprados em barras de 6,5 metros ficam estocados horizontalmente em cavaletes próximos ao equipamento de corte e em sentido paralelo ao mesmo. A figura 8 mostra os perfis em barras que serão cortados, estocados.

Figura 8: Perfis em barras estocados horizontalmente

Fonte: empresa foco da pesquisa

Conforme explicado no início do capítulo, em um levantamento prévio de dados constatou-se que a empresa não possuía um histórico de tempos de produção. Em busca de material da empresa a respeito do processo produtivo e da operação em questão, descobriu-se a existência de um manual padrão de operação. Este manual descreve os métodos para realização de cada operação do processo produtivo, dividindo-as em etapas. O mesmo apresenta imagens da execução das etapas de operação e está disposto em uma estrutura 5W1H.

A existência desse manual atesta que a empresa possui padrões estabelecidos de execução das operações. Esse documento foi essencial para a execução da pesquisa, pois foi a base que possibilitou o trabalho de cronoanálise do processo. O manual descreve, etapa por etapa, qual a maneira correta de executar cada operação, e é recomendado que os operadores sigam sempre os passos que estão descritos no mesmo. Com base nas etapas da operação de corte de perfis de PVC descritas no manual, foram definidas as etapas a serem medidas no momento da realização da cronometragem. Na figura 9 podemos ver uma imagem de um trecho do respectivo manual:

Figura 9: Trecho inicial do manual padrão de operações

O que?	Onde ?	Como ?	Quando ?	Quem ?	Porque?
Conferir OP com os planos de corte dos perfis.	OP e Lista de corte	<ul style="list-style-type: none"> - Checar medidas e quantidades de peças discriminadas nos dois documentos (lista e projeto); - Verificar se o comprimento adicional da solda está contemplado na lista de cortes; 	Antes de iniciar o processo de corte	Operador do Corte	Evitar erros de medidas e perdas de perfis.
Realizar check pré-operação	Máquina de corte	<ul style="list-style-type: none"> - área de trabalho limpa; - dispositivos de segurança ativos; - energia elétrica, ar comprimido e iluminação apropriada. 	Antes de ligar a máquina	Operador do Corte	Segurança Operacional
Preparar perfis para o corte	Estoque de perfis	<ul style="list-style-type: none"> - Selecionar os perfis e retirar do estoque; Verificar se não há pontas para aproveitamento; 			Organizar e sequenciar os cortes

Fonte: documentos da empresa

O trecho completo do manual padrão de operações referente à operação de corte de perfis de PVC encontra-se no final desta monografia na seção ANEXO A. Com base no manual, realizou-se uma análise para identificar as atividades relacionadas a operação do equipamento. A partir desta análise, ponderou-se cada atividade do manual a fim de estabelecer os elementos de tempo que fazem parte do tempo de ciclo. Os elementos encontrados estão descritos no quadro 2:

Quadro 2: Elementos de tempo encontrados

(Continua)

Etapa	Descrição
1	<p>Conferência de ordens de produção e planos de corte dos perfis: Todos os pedidos (obras) são entregues para o operador, que recebe 2 documentos: as ordens de produção, que são individuais por esquadria, e um plano geral de corte da obra que agrupa os perfis iguais em sequências de otimização de corte. Cabe ao operador inicialmente conferir se as informações entre esses 2 documentos conferem 100%.</p> 
2	<p>Conferência de equipamento pré-operação: Nesta etapa o operador deve verificar a situação geral do equipamento e local de trabalho, como limpeza, organização, segurança e disponibilidade de energia e ar comprimido;</p>
3	<p>Preparação de perfis para o corte: O operador seleciona o primeiro tipo de perfil a ser cortado, retira as barras do cavalete dispondo-as no piso e às numera, conforme orientação da otimização de corte. Além disso, nesta etapa é feita uma conferência visual no estado das barras, em busca de defeitos, e é também realizada a baixa do material em uma ficha de controle de estoque;</p>
4	<p>Ajuste do comprimento de corte: O operador insere no painel do equipamento a medida em milímetros e o ângulo de corte, informados no plano de corte;</p> 

Quadro 2: Elementos de tempo encontrados

(Finalização)

Etapa	Descrição
5	<p>Posicionamento do perfil e ajuste dos calços: O perfil é posicionado no equipamento e os calços pneumáticos ajustados;</p> 
6	<p>Realização do corte: Com as duas mãos pressionando os botões do painel do equipamento o operador aciona as serras. Posteriormente ao corte a peça é retirada do equipamento;</p>
7	<p>Identificação e disposição dos perfis cortados: O operador copia a referência indicada na ordem de produção e informações técnicas necessárias para a peça, dispondo-a peça no carro de transporte, organizadas por esquadria;</p> 
8	<p>Disposição dos carros para a próxima etapa de produção: O operador posiciona os carros referentes à obra próximos à operação subsequente, obedecendo à sequência de produção planejada;</p>
9	<p>Encerramento da operação: Após a obra concluída, o operador guarda as sobras das barras que ainda são utilizáveis em local determinado, descarta as não utilizáveis e realiza a limpeza do equipamento e do local de trabalho.</p>

Fonte: Empresa foco do estudo

Posteriormente à análise dos elementos de tempo que compõe a operação, foi realizada uma coleta inicial de dados de tempo, afim de averiguar o número necessário de amostras para atingir o nível de confiabilidade desejado. Outro objetivo a ser atingido com essa cronometragem inicial foi identificar se os elementos de tempo encontrados na prática estão de acordo com o manual de operação. Para isso, desenvolveu-se um modelo de ficha para registro das observações. Tal documento visa também servir de base para a empresa em futuras avaliações de suas operações. Para a sua criação, adotou-se como referência um modelo proposto por Barnes (2012). A figura 10 apresenta o modelo de folha de cronoanálise.

Figura 10 – Ficha de registro de cronoanálise

LOGO DA EMPRESA (PADRÃO PARA TODOS OS DOCUMENTOS)		FICHA DE REGISTRO DE TOMADA DE TEMPOS (CRONOANÁLISE)																			
		OPERADOR:					OPERAÇÃO:					CORTE DE PERFIS DE PVC									
		ENCARREGADO:					OBSERVADOR:					DATA:									
Nº	ELEMENTOS	TEMPO CRONOMETRADO										T. TOTAL	Nº OBS	T. MED	T.MÁX	T.MIN	MODA	FREQ.	T.MÉDIO		
1	CONFERIR ORDENS E PLANOS DE CORTE																				
2	CONFERIR EQUIPAMENTO PRÉ-OPERAÇÃO																				
3	PREPARAÇÃO DE PERFIS PARA CORTE																				
4	AJUSTE DO COMPRIMENTO DE CORTE																				
5	POSICIONAR PERFIL E AJUSTAR CALÇOS																				
6	REALIZAÇÃO DO CORTE																				
7	IDENTIFICAÇÃO E DISPOSIÇÃO																				
8	DISPOSIÇÃO DE CARRO PRÓXIMA ETAPA																				
9	ENCERRAMENTO DA OPERAÇÃO																				
												TOTAL GERAL:									
ELEMENTOS RAROS:		OCORRÊNCIA	TEMPO											OBSERVAÇÕES							
														HORA INÍCIO:							
														HORA FIM:							
														UND P/ HORA:							

Fonte: adaptado de Barnes (2012, p.322)

Os elementos de tempo que aparecem na ficha de registros são os mesmos descritos no manual de operação da empresa. Pode-se ver na ficha que há 2 campos, ou 2 linhas para cada elemento. Essas 2 linhas existem para que o possa ser tomado o tempo de forma contínua no momento da cronometragem e posteriormente fosse apontado o tempo exato do ciclo, através da subtração do tempo anterior. A ficha apresenta também, além dos campos para tempo máximo, tempo mínimo, tempo total, número de observações, moda e tempo padrão, um campo para definição da frequência de cada elemento. A frequência diz respeito a quantas vezes um elemento é realizado em relação a cada ciclo de corte. Este mesmo fator foi importante no momento de definir quais elementos são cíclicos e estão relacionados ao equipamento, compondo o tempo de ciclo, e quais são os elementos que compõem o tempo padrão.

Definida a ficha de registros, realizou-se uma amostragem inicial de 10 peças no mês de agosto de 2018, através de uma cronometragem das etapas da operação in loco. Foram cronometrados os tempos envolvidos em cada etapa, analisando-os de acordo com o fluxo operacional do setor. Para isso selecionou-se um lote de produção e realizou-se a cronoanálise do mesmo, observando a sua execução pelo operador acompanhado do encarregado do setor. A figura 11 mostra a operação sendo executada no momento de corte de uma peça.

Figura 11 – Realização do corte



Fonte: Empresa foco da pesquisa

Com esta primeira amostragem realizada iniciou-se uma análise dos elementos para definir alguns parâmetros de comportamento. O primeiro ponto importante definido foi a divisão dos elementos que são correspondentes ao equipamento e podem ser considerados como tempo de ciclo, daqueles que compõe a operação pela perspectiva do operador, incluindo os *set-ups* e indicam o tempo de hora-homem da operação. Essa divisão foi feita de maneira visual na ficha de registros, indicando em amarelo os elementos que são cíclicos, sendo que somente estes irão compor o tempo de ciclo.

Ao observar a ficha de registro com os resultados da amostragem inicial, é possível perceber que há um novo elemento de tempo. O ocorrido foi que se encontrou uma incongruência entre as etapas descritas no manual padrão de operações e o que o operador estava realizando na prática. Este acontecimento foi informado ao operador e reportado ao encarregado do setor. Tendo em vista que não deveria haver discrepâncias entre as diretrizes documentais dos processos e o que realmente acontece na realização das operações, a empresa decidiu alterar o manual.

Como o ponto de divergência tratava-se na verdade de uma etapa adicional que não estava registrada, incluiu-se está nos padrões da empresa, devendo, portanto, ser também inclusa no processo de cronoanálise. Com isso a etapa de conferência das medidas de corte foi inclusa na ficha de cronoanálise, entre as etapas de realização do corte e disposição/identificação das peças, ficando assim a operação agora com 10 etapas. A figura 12 mostra a ficha inicial de registros com a alteração descrita e os resultados da coleta de dados inicial:

Como é possível ver na planilha, as etapas que compõem o tempo de ciclo estão marcadas em amarelo na coluna de numeração. Já as etapas que compõem o tempo padrão são todas elas. Um ponto de atenção do leitor é o fato do elemento 4 estar marcado como cíclico sendo que ocorre apenas 1 vez em toda a medição. Entretanto, observando-se a coluna de frequência percebe-se que o valor para o mesmo é igual a 2. O que ocorre é que o ajuste de medidas ocorre regularmente a cada 2 ciclos, sempre que se observa 1 esquadria individual, pois a mesma terá sempre 2 larguras e 2 alturas com as mesmas medidas, por isso frequência igual a 2. A exceção está no momento do projeto, quando o lote é formado, no caso de uma medida se repetir para mais de uma esquadria, a otimização de cortes irá agrupar essas medidas, diminuindo a necessidade de ajustes de comprimento. Portanto, para a definição de tempo de processo para cada tipo de esquadria individual deve ser utilizada a frequência igual a 2. No caso de prever o tempo de processo para um lote, criou-se no modelo de estimativa um parâmetro para que o responsável defina uma nova frequência para esse elemento que irá variar de um lote para o outro. No caso do lote utilizado como base para essa primeira cronoanálise todas as 10 peças que foram cortadas tinham a mesma medida, por isso o tempo foi medido apenas 1 vez.

Utilizando os dados coletados na amostra inicial, definiu-se, como próximo passo para a obtenção do tempo-padrão, o tamanho da amostra final a ser coletada, com o intuito de atingir o nível de confiabilidade desejado. Conforme a cronoanálise o tempo médio encontrado foi de 179,9 segundos. Já o desvio padrão desta primeira amostragem foi calculado como tendo um valor igual a 17,3. Todavia, o tempo médio que foi utilizado para esse cálculo não foi tempo médio total de 179,9 segundos. O motivo disto é que somente algumas etapas foram cronometradas as 10 vezes, por serem cíclicas, enquanto outras tem uma frequência menor. As etapas medidas apenas 1 vez foram distribuídas igualmente entre cada ciclo, conforme o fator de frequência. Isso faz com que o desvio padrão de 17,3 segundos seja referente apenas às etapas que ajudaram a criar essa variação. Portanto, para que não haja um nível menor de incerteza na fórmula do que deveria e a mesma não resulte em um número menor do que o correto, utilizou-se nesse cálculo o tempo médio referente apenas às etapas 5, 6, 7 e 8. Portanto o tempo médio considerado para o cálculo foi de 141,5 segundos. Para determinar tais parâmetros foi utilizada a equação 1:

$$n = \left[\left(\frac{z}{p} \right) \left(\frac{\sigma}{t} \right) \right]^2 \dots\dots\dots \text{Equação (1)}$$

n = tamanho necessário de amostra

p= precisão requerida para tempo estimado

t =média de tempos para os elementos preliminares

σ = desvio-padrão de tempos dos elementos preliminares

z = quantidade de desvios padrão necessários para o nível de confiança desejado

Os valores de “z” e “p” necessários na equação, foram extraídos da seguinte tabela:

Tabela 1: Valores para z

Confiança desejada (%)	Z
90	1,65
95	1,96
96	2,05
97	2,17
98	2,33
99	2,58

Fonte: Corrêa (2006,p. 366).

Nesse tipo de análise geralmente são utilizados valores de 95% de confiabilidade, ou maiores. Portanto, se o resultado desta equação atingisse um valor de 95% de confiabilidade, este poderia ser considerado satisfatório. Todavia realizou-se o cálculo para saber o tamanho necessário de amostragem para cada um dos valores acima de 95% destacados na tabela. O intuito foi de encontrar um tamanho de amostragem ideal, que seja o mais alto possível, dentro daquilo que é viável de medir baseado nos tamanhos usuais dos lotes e do tempo disponível. Segue quadro 3 com os resultados encontrados:

Quadro 3: Nível de confiança para amostragem final

Nível de confiança (%)	Tamanho necessário de amostra
95	23
96	40
97	78
98	203
99	995

Fonte: Elaborado pelo autor

Partindo destes valores analisou-se o tamanho dos próximos lotes de produção, tendo sido constatado que o próximo lote teria um número de 47 peças, definiu-se esse como sendo o tamanho da amostra final, alcançando assim um nível de confiabilidade de no mínimo 96%, um valor que pode ser considerado satisfatório, sendo que está acima dos 95%, mas também possui uma execução possível dentro dos limites de tempo disponíveis. Portanto, utilizando os valores de 141,5 segundos para tempo médio e 17,3 segundos para desvio padrão, no caso de um nível de confiabilidade de 96% e 2,05 de desvio padrão como valor de “z”, chega-se ao resultado de 40 amostras, como demonstrado na tabela anterior. Esse cálculo está exposto a seguir:

$$n = \left[\left(\frac{2,17}{0,03} \right) \left(\frac{17,3}{141,5} \right) \right]^2 = 40 \text{ amostras} \dots \dots \dots \text{Equação (2)}$$

Realizou-se então uma nova coleta de dados através da cronometragem, desta vez com um total de 47 observações. A partir das amostras, calculou-se os tempos médios para cada elemento, levando em consideração a frequência de cada um. Somaram-se os tempos médios dos elementos, chegando ao tempo médio da operação. Posteriormente foram acrescentadas as tolerâncias para que se chegasse ao tempo padrão a partir dos tempos médios. O cálculo dos tempos padrões foram feitos do ponto de vista de lote de produção igual a 1 esquadrias e para o caso de lote maior do que 1 esquadria. Alternativamente, dentro do tempo médio da operação, foram somados somente os elementos que compõe e o tempo de ciclo. Os resultados desses cálculos estão expostos no quadro 4:

Quadro 4: Resultados amostragem final

Tempo de ciclo	134s
Tempo padrão por peça	161s
Tempo padrão para o lote	2h06m

Fonte: Elaborado pelo autor

O tempo de ciclo mostrado no quadro 4 é igual à soma dos tempos médios para as os elementos 4,5,6,7 e 8. O tempo padrão por peça é a soma dos tempos médios de todos os elementos. O tempo padrão por lote é multiplicação dos tempo por peça, pela quantidade de peças que compõe o lote.

Com base nessa coleta de dados e na observação da operação, partiu-se para uma análise dos elementos de tempo afim de identificar como eles influenciam no tempo total e quais os seus fatores de variação. Essa análise foi realizada com o intuito de construir o modelo para a estimativa de tempos da operação. O quadro 5 expõe os aspectos encontrados:

Quadro 5: Análise da frequência e variação dos elementos

	Elemento	Fatores de variação de tempo	Frequência
1	Conferência das ordens de produção	Valor médio fixo, tempo aumenta linearmente conforme tamanho do lote	1x lote
2	Conferência do equipamento	Tempo igual e independente do tamanho do lote	1x dia
3	Preparação dos perfis	Valor médio fixo, tempo aumenta linearmente conforme tamanho do lote	1x tipo de perfil
4	Ajuste do comprimento de corte	Variação conforme o número de peças a serem cortadas com a mesma medida	0,5x ciclo
5	Posicionar perfil e ajustar calços	Não há variação, nem quanto ao produto nem quanto ao lote	1x ciclo
6	Realização do corte	Não há variação, nem quanto ao produto nem quanto ao lote	1x ciclo
7	Conferência da medida	Não há variação, nem quanto ao produto nem quanto ao lote	1x ciclo
8	Identificação e disposição	Não há variação, nem quanto ao produto nem quanto ao lote	1x ciclo
9	Disposição de carros para a próxima operação	Somente varia se o tamanho do lote for inferior a quantidade de peças que cabe no carrinho	1x carrinho cheio e/ou lote concluído
10	Encerramento da operação	Tempo igual e independente do tamanho do lote	1x dia

Fonte: Elaborado pelo autor

Todos estes parâmetros foram levados em consideração no momento do cálculo dos tempos médios na primeira e segunda amostragem. O elemento que proporciona a mudança mais considerável no tempo de execução para cada peça dependendo de se estar cortando um lote completo ou uma esquadria única é o 4, ajuste do comprimento de corte. A definição dos parâmetros de entrada do modelo, realizou-se segundo a análise dos elementos, tanto quanto à sua frequência quanto aos seus parâmetros de variação, expostos no quadro anterior. A relação entre essa análise e maneira como os elementos foram inseridos nos parâmetros de entrada do modelo estão expostos no quadro 6:

Quadro 6: Análise da variabilidade dos tempos padrões

	Elemento	Valor de tempo padrão ou parâmetro de cálculo
1	Conferência das ordens de produção	Definido por média como tendo o tempo padrão de 3,3 segundos por peça (156 para 47 peças)
2	Conferência do equipamento	Definido por média com tendo o tempo padrão de 0,5 segundos por peça (75 segundos para 150 peças)
3	Preparação dos perfis	Definido por média com tendo o tempo padrão de 17 segundos por peça (799 segundos para 47 peças)
4	Ajuste do comprimento de corte	Definido por média como tendo um tempo padrão de 11,6 segundos para cada vez que ocorre, sendo que a frequência será diferente para cada lote
5	Posicionar perfil e ajustar calços	Definido por média como tendo o tempo padrão de 33,6 segundos por peça
6	Realização do corte	Definido por média como tendo o tempo padrão de 26,7 segundos por peça
7	Conferência da medida	Definido por média como tendo o tempo padrão de 26,9 segundos por peça
8	Identificação e disposição	Definido por média como tendo o tempo padrão de 34,9 segundos por peça
9	Disposição de carros para a próxima operação	Definido por média como tendo o tempo padrão de 5,4 segundos por peça, exceto quando o lote for menor do que 12 peças, nesse caso o tempo padrão será igual 64 segundos dividido pelo número de peças
10	Encerramento da operação	Definido por média com tendo o tempo padrão de 1,5 segundos por peça (230 segundos para 150 peças)

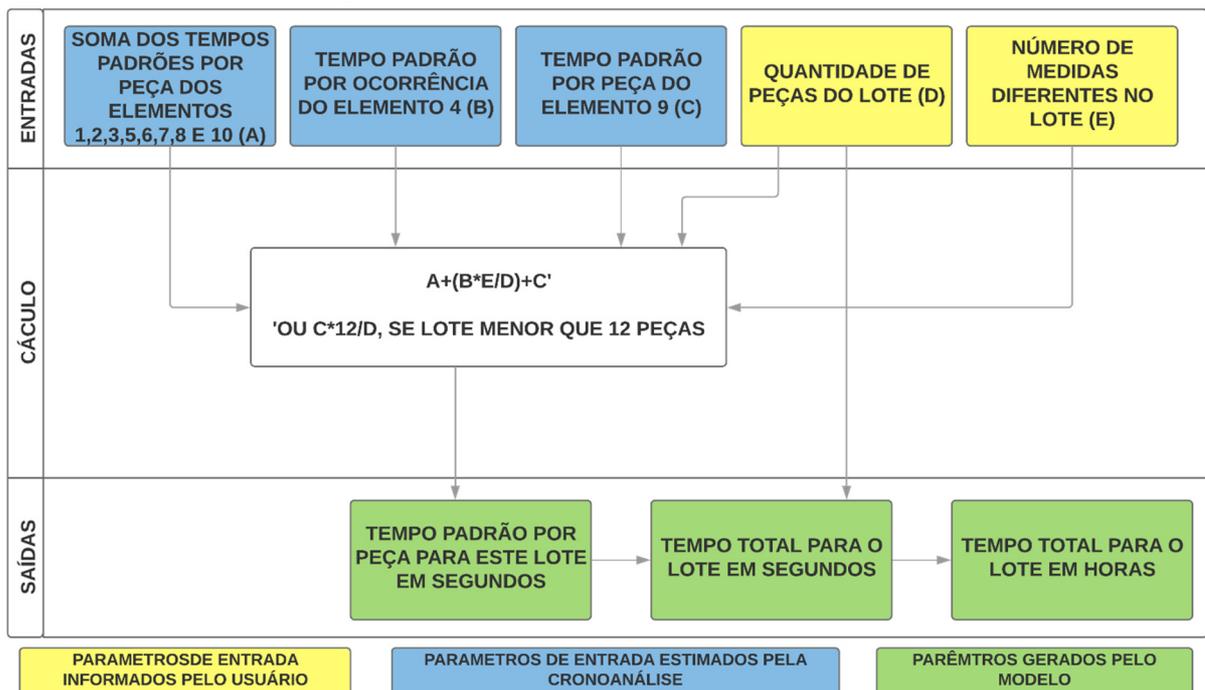
Fonte: Elaborado pelo autor

Haja visto que o elemento 4 pode levar a uma grande mudança nos tempos, dependendo das características do lote, inicialmente imaginou-se que deveriam ser criados 2 modelos de estimativa, sendo 1 modelo para o cálculo de tempo de esquadrias individuais e 1 modelo para o cálculo de tempo de lotes de produção maiores do que uma esquadria. Todavia, constatou-se que seria mais adequada a criação de um modelo único, que pudesse levar em consideração esse parâmetro

como uma variável a ser definida no momento do cálculo, dessa maneira sendo eficaz para os dois casos.

Para criação do modelo foi necessário definir os parâmetros de entrada, os cálculos que seriam feitos e quais seriam as saídas que o mesmo proporcionaria. Baseada no quadro anterior, criou-se uma sistemática de cálculo para gerar a estimativa desejada. A figura 13 expõe a sistemática do modelo matemático:

Figura 13: Sistemática do modelo matemático



Fonte: Elaborado pelo autor

Criou-se o modelo no formato de uma planilha de Excel aonde, conforme mostra a figura X, o usuário informa a quantidade de peças do lote e o número de medidas diferentes que há dentre essas peças. Dessa maneira, a planilha, que já tem as informações oriundas da cronoanálise, realiza o cálculo mostrado na figura anterior para atingir os parâmetros de saída. O cálculo é composto da soma dos elementos fixos com os elementos variáveis parametrizados pelas informações inseridas pelo usuário. A figura 14 mostra como ficou o modelo:

Figura 14: Modelo de estimativa de tempo padrão

LOGO DA EMPRESA (PADRÃO PARA TODOS OS DOCUMENTOS)		PLANILHA PARA CÁLCULO DE TEMPO DE CORTE POR LOTE								
		ASPECTOS INFORMATIVOS SOBRE O LOTE		ENTRADAS INFORMADAS PELO USUÁRIO		ENTRADAS DEFINIDAS PELA CRONOANÁLISE			SAÍDAS ESTIMADAS	
INFORME NA LINHA ABAIXO OS DADOS DO PEDIDO		QUANTIDADE DE ITENS	QUANTIDADE DE PEÇAS	QUANTIDADE DE MEDIDAS DIFERENTES	TEMPO PADRÃO ELEM. 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 10 (S)	TEMPO PADRÃO OCORRÊNCIA ELEM. 4 (S)	TEMPO PADRÃO PEÇA ELEM. 9 (S)	TEMPO PADRÃO POR PEÇA ESTIMADO PARA ESSE LOTE (S)	TEMPO TOTAL ESTIMADO PARA LOTE (S)	TEMPO TOTAL ESTIMADO PARA LOTE (H)
NÚMERO	000/18	12	96	12	144,4	58,9	5,4	157	15088	4,19
DATA	00/00/2018									
NOME	FULANDO DE TAL									
LOCAL	PORTO ALEGRE - RS									

Fonte: Elaborado pelo autor

No exemplo da figura, existe um projeto com 12 esquadrias, totalizando 96 peças. Dentre essas 96 peças haveriam 48 medidas diferentes, se todas as esquadrias fossem diferentes umas das outras. Como algumas medidas se repetem temos 12 medidas diferentes no lote. Isso faz com a frequência do elemento 4 passe de 2 para 8. Com o elemento 4 tendo a frequência igual a 8, o tempo padrão por peça para o lote passa a ser 157 segundos. Outro elemento calculado é o 9, que nesse caso continuou com a seu tempo padrão inalterado, pois o mesmo só se altera para lotes menores do que 12 peças, conforme exposto anteriormente. O tempo para execução do lote completo é estimado como sendo 15.088 segundos, ou 4,19 horas, ou ainda 4 horas e 11 minutos. Além das células amarelas que são os parâmetros de entrada necessários para o cálculo preenchidas pelo usuário, há também algumas células informativas, na cor laranja mais clara, essas podem ser preenchidas pelo usuário, mas não geram nenhum parâmetro de cálculo.

O valor encontrado no modelo para estimativa de lote maior do que 1 esquadria poderá ser utilizado para definir alguns dos parâmetros citados anteriormente, como o tempo de entrega de um pedido e a programação da produção, especialmente quanto à máquina de corte que é utilizada também para o processo de esquadrias de alumínio e requer um alto tempo de *set-up* nessa troca. Quanto aos cálculos de capacidade teria que ser levado em conta a limitação da empresa que nesse caso seria a mão de obra. Já para cálculos de utilização de equipamentos o tempo correto a ser observado seria o tempo de ciclo.

A empresa trabalha com um software onde são criados os modelos de esquadrias. Nesse software são informados os tempos de fabricação para cada modelo, e é esse tempo que é considerado no momento em que é calculado o valor a ser cobrado pela empresa pela fabricação do respectivo produto. Portanto o modelo de tempo padrão, quando calculado para lotes de produção de esquadrias individuais, tem por um de seus objetivos criar uma base para esse fim.

Realizou-se a validação do modelo para verificar a confiabilidade dos resultados atingidos. Para isso foi realizada uma amostragem final afim de averiguar se os resultados encontrados atingiriam o nível de confiança desejado pela empresa. A empresa considerou que uma margem de erro de $\pm 10\%$ seria tolerável para o estudo. Foram selecionados 35 lotes de produção com o intuito de medir os erros médios entre os valores medidos e estimados e assim verificar a efetividade do

modelo criado. Os resultados para os lotes de produção iguais a 1 esquadria estão expostos no quadro 7:

Quadro 7: Resultados estimado x realizado lote 1 esquadria

<i>Amostra</i>	<i>Nº peças</i>	<i>Tempo estimado (s)</i>	<i>Tempo realizado (s)</i>	<i>Diferença (s)</i>	<i>Margem de erro (%)</i>
1	12	2148	2320	172	8%
2	16	2864	2635	-229	-8%
3	8	1456	1310	-146	-10%
4	16	2864	2835	-29	-1%
5	30	5370	5853	483	9%
6	20	3580	3365	-215	-6%
7	4	756	771	15	2%
8	20	3580	3473	-107	-3%
9	12	2148	2041	-107	-5%
10	8	1456	1543	87	6%
11	32	5728	5843	115	2%
12	16	2864	2950	86	3%
13	16	2864	2979	115	4%
14	16	2864	2749	-115	-4%
15	20	3580	3831	251	7%
16	12	2148	2255	107	5%
17	20	3580	3759	179	5%
18	8	1456	1340	-116	-8%
19	14	2506	2732	226	9%
20	12	2148	2191	43	2%
21	16	2864	2692	-172	-6%
22	24	4296	4425	129	3%
23	12	2148	2212	64	3%
24	12	2148	2320	172	8%
25	16	2864	2921	57	2%
26	24	4296	4081	-215	-5%

Fonte: Elaborado pelo autor

Como podemos ver na tabela apenas nenhum dos valores ficou fora da margem desejada. Para verificar a validade do modelo para lotes de produção maiores do que 1 esquadria foi realizada a comparação de tempo estimado e realizado para outros 9 projetos. Os resultados encontrados estão expostos no quadro 8:

Quadro 8: Resultados estimado x realizado lote maior que 1 esquadria

Amostra	Nº esquadrias	Nº peças	Tempo estimado (s)	Tempo realizado (s)	Diferença (s)	Margem de erro (%)
1	3	24	4.089	4.293	204	5%
2	4	32	5.525	5.580	55	1%
3	13	104	16.797	17.133	336	2%
4	22	132	22.175	21.510	-665	-3%
5	6	48	8.279	9.272	993	12%
6	12	132	21.350	23.271	1921	9%
7	9	54	9.061	8.246	-815	-9%
8	11	124	19.561	18.779	-782	-4%
9	8	48	7.807	8.041	234	3%

Fonte: Elaborado pelo autor

Das 35 amostras, 34 ficaram dentro da margem de erro desejada, o que representa um nível de confiabilidade de 97,14%. Haja visto que se havia adotado 97% como valor de confiabilidade a ser atingido para esse estudo, pode-se concluir que o resultado foi satisfatório. Todavia, foi utilizada a equação 1 novamente com o intuito de validar o tamanho amostral de 35 observações utilizado para verificar a margem de erro do modelo. Foram utilizados no cálculo os valores de média e desvio padrão encontrados na amostragem final de 47 observações. O resultado atingido foi de 19 amostras, conforme expõe a equação 3:

$$n = \left[\left(\frac{2,17}{0,10} \right) \left(\frac{27}{134} \right) \right]^2 = 19 \text{ amostras} \dots \dots \dots \text{Equação (3)}$$

Portanto, sabendo que as 35 amostras coletadas são mais do que suficientes para validar os resultados, conclui-se que, de acordo com o resultado atingido, o modelo proposto está validado, pois apresentou uma variabilidade de valores dentro da margem de erro de $\pm 10\%$. Com isso, pode-se inferir que o modelo permitirá estimar os tempos para corte dos lotes de produção de cada projeto, possibilitando que a empresa construa uma base de dados mais consistente.

Após a conclusão do estudo, os responsáveis pela programação de produção dos setores de PVC e alumínio da empresa passaram a utilizar o modelo proposto para realizar a programação dos *set-ups* do equipamento quanto as mudanças de material a ser cortado. Quanto às outras aplicações, é necessário ainda que este estudo seja replicado para as outras operações do processo. Contudo, essa pesquisa mostra que é possível utilizar os métodos de estudo de tempos para criar dados

relevantes no caso de uma empresa desse tipo. Sendo assim, a réplica para outras operações torna-se tangível para a empresa, levando em consideração as particularidades e fatores de variação de cada uma daquelas.

Os desafios que as empresas que seguem a estratégia de gestão de demanda ETO enfrentam nos controles de seus processos estão diretamente ligados à alta variabilidade e customização de seus produtos. Por isso, o modelo proposto traz um passo importante para a empresa no sentido de possibilitar, melhorias no seu planejamento e controle, precificação de projetos, cálculos de prazos de entrega e análises de capacidade. Outro ponto que poderá ser administrado de maneira mais eficiente é a programação dos *set-ups* do equipamento estudado para mudança do material a ser cortado. Tudo isso poderá ser realizado com um maior nível de confiabilidade, através aplicação do modelo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Objetivo da pesquisa era definir um modelo para cálculo dos tempos padrões de mão de obra para uma operação de corte dentro de um caso do ambiente ETO. Para isso foram definidos passos a serem tomados em direção desse objetivo. Inicialmente foi realizado um levantamento do histórico de medições e padronizações de processo da empresa, onde identificou-se a existência de um manual de procedimentos padrões das operações. Através desse manual foi possível identificar os elementos de tempo da operação. Com a realização da cronoanálise identificou-se os tempos médios, fatores de variação e frequência dos elementos de tempo da operação. Com tudo isso, foi possível construir um modelo matemático que levasse em consideração esses fatores, capaz de calcular os tempos de corte de um lote de produção.

Com o intuito de averiguar a efetividade do modelo de cálculo desenvolvido, foram realizadas comparações entre os tempos calculados pelo mesmo e os tempos realizados, para 35 lotes de produção. Os resultados mostraram que o modelo pode calcular os tempos com uma margem de erro inferior a 10% para 97,14% dos casos. Posteriormente validou-se o tamanho amostral utilizado para essa comparação, tendo sido este confirmado como suficiente para o nível de confiabilidade necessário.

Para realização de estudos de tempo é necessário que haja uma padronização nos movimentos realizados pelo operador, possibilitando sua cronometragem. No caso da empresa estudada, essa padronização provou-se um desafio a ser transposto, apesar da existência do manual de operação. Devido à alta variabilidade envolvida nos produtos, foi necessário da parte da empresa esforços para garantir a padronização da execução da operação, para que dessa maneira a cronometragem pudesse ser realizada. Outra dificuldade encontrada foi quanto ao baixo volume de produção da empresa, o que impossibilitou temporalmente que mais testes de validação fossem realizados.

Para estudos futuros seria importante definir os tempos padrões para todas as operações do processo, afim de possibilitar que os resultados sejam aplicados para atingir as melhorias desejadas. É importante que haja mais estudos relacionados ao conceito de tempo padrão e de empresas com limitações de mão de obra e abundância de capacidade quanto aos equipamentos. Além disso, são necessários

estudos que visem definir métodos de definição para os padrões de execução das atividades em empresas com alta variabilidade, o que é essencial do ponto de vista de fornecer uma base para os estudos de tempo.

REFERÊNCIAS

AMARAL, Éverton Luis Fernandes do. **Proposta de um modelo para estimar o tempo de ciclo da operação de soldagem em uma empresa do tipo engineer-to-order**. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2015. Disponível em: <<http://biblioteca.feevale.br/Monografia/ArtigoEvertonLFAmaral.pdf>>. Acesso em: 11 abr 2018.

AMARO, Cristina Isabel Pinto. **Estudo de tempos e métodos no setor de pesagem na CIN – Corporação Industrial do Norte**. Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto, Porto, Portugal, 2012. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/bitstream/10216/65548/1/000153906.pdf>>. Acesso em: 15 abr 2018.

ARNOLD, J.R. Tony. **Administração de materiais: uma introdução**. Tradução Celso Rimoli e Lenita R. Esteves. São Paulo: Atlas, 2006.

BARNES, Ralph Mosser. **Estudo de movimentos e de tempos: Projeto e medida do trabalho**. Tradução Sérgio Luiz Oliveira Assis, José S. Guedes Azevedo e Arnaldo Pallotta. 6.ed.12.reimp. São Paulo: Blucher, 2012.

BERTRAND, J. W. M; MUNSTLAG, D. R. Production control in engineer-to-order firms. In: Strategic and operational issues in production economics: proceedings of the seventh international working seminar on production economics, 1992, Igls, Austria. **International Journal of Production Economics**...Amsterdam, 1992. p 3-22. Disponível em: <<https://pure.tue.nl/ws/files/2990562/588922.pdf>>. Acesso em 10 abr 2018.

BEZERRA, Daniel Korch. **Aplicação do método de nivelamento de produção e demanda em empresas de tipologia de produção ETO com baixo volume e alta diversidade de produtos**. Trabalho de Conclusão (Bacharel em Engenharia de Produção Mecânica) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2008. Disponível em: <http://www.hominiss.com.br/es/img/usr/teses-artigos/TCC_Danilo_Korch_Bezerra%20Versao_Final.pdf>. Acesso em 12 abr 2018.

BITTENCOURT, Hélio Radke; VIALI, Lori. Contribuições para o ensino da distribuição normal ou curva de Gauss em cursos de graduação. In: 3º Seminário internacional de pesquisa em educação matemática, 2006, Águas de Lindóia. **Anais eletrônicos**... Águas de Lindóia: G12, 2006. Disponível em: <http://www.pucrs.br/ciencias/viali/mestrado/literatura/artigos/planilhas/Sipem_06.pdf>. Acesso em 26 abr 2018.

CHEN, Toly; WANG, Yi-Chi. An interative procedure for optimizing the performance of the fuzzy-neural job cycle time estimation approach on a wafer fabrication factory. **Mathematical problem in engineering**, v. 2013, dez 2012. Disponível em: <<https://www.hindawi.com/journals/mpe/2013/740478/>>. Acesso em: 20 abr 2018.

CORRÊA, Henrique L.; CORRÊA, Carlos A. **Administração de produção e operações**: manufatura estratégica. 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

CUTLER, Thomas B. **Special orders**: Engineering-to-order challenges for the industrial engineer. *Industrial Engineer*, v.41, 2009.

DEWES, Luis Fernando. **Setor de cronoanálise: estudo de caso em uma empresa de estamperia do vale dos sinos**. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2016. Disponível em: < <http://biblioteca.feevale.br/Artigo/ArtigoLuisDewes.pdf>>. Acesso em: 11 abr 2018

DUCHI, A. et al. Proposal for a decision making model to select the best fitting cost estimation technique in an ETO-MC environment. In: IEEE International Conference on Industrial Engineering and Engineering Management (IEEM), 2014, Selangor, Malásia. **Anais eletrônicos...** IEEE, 2014. Disponível em: <<https://www.research-collection.ethz.ch/handle/20.500.11850/94596>>. Acesso em 26 mar 2018.

FARIAS, Natan Gustavo. **Proposta de melhoria na operação manual de aperto de fitas de uma empresa moveleira: um estudo de capacidade, tempos e movimentos**. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2016. Disponível em: <<http://biblioteca.feevale.br/Artigo/ArtigoNatanGFarias.pdf>>. Acesso em: 11 abr 2018.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar Projetos de Pesquisa**. 4.ed. São Paulo. Atlas, 2002. Disponível em: <https://professores.faccat.br/moodle/pluginfile.php/13410/mod_resource/content/1/Como_elaborar_projeto_de_pesquisa_-_antonio_carlos_gil.pdf> Acesso em: 20 abr 2018.

GODINHO FILHO, Moacir. **Paradigmas estratégicos de gestão da manufatura: configuração, relações com o planejamento e controle da produção e estudo exploratório na indústria de calçados**. 2004. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2004. Disponível em: <<https://repositorio.ufscar.br/bitstream/handle/ufscar/3293/TeseMGF.pdf?sequence=1>>. Acesso em 12 abr 2018.

GRABENSTETTER, Douglas H; USHER, John M. Determining job complexity in an engineer to order environment for due date estimation using a proposed framework. **International Journal of Production Research**, Londres, jun. 2013. Disponível em: <[://dx.doi.org/10.1080/00207543.2013.787169](https://dx.doi.org/10.1080/00207543.2013.787169)>. Acesso em 20 mar 2018.

HAUG, Anders; LADEBY, Klaes; EDWARDS, Kasper. From engineer-to-order to mass customization. **Management Research News**, Dinamarca, v. 32, no 7, 2009. Disponível em: <<https://www.emeraldinsight.com/doi/full/10.1108/01409170910965233>>. Acesso em 20 mar 2018.

IRAVANI, S.M.R; LUANGKERSON, K.L; SIMCHI-LEVI, D. **On assemble-to-order systems with flexible customers**. Peachtree Corners, Geórgia, EUA: Institute of

Industrial and Systems Engineers, 2002. Disponível em: <<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/07408170304392>>. Acesso em: 22 mar 2018.

LEITÃO, Gabriela; BENAMOR, Isabela; MECENA, Sérgio. Metodologia de estudo de tempos para implantação de sistema ERP: Estudo de caso em indústria de serviços altamente especializada.

MASCARENHAS, Sidnei Augusto. **Metodologia científica**. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012. Disponível em: <<http://feevale.bv3.digitalpages.com.br/users/publications/9788564574595/pages/-6>> Acesso em: 28 abr 2018. In: Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 27., 2007, Foz do Iguaçu. **Anais eletrônicos...** Rio de Janeiro: ABREPRO, 20017. Disponível em: <http://www.abepro.org.br/biblioteca/enegep2007_tr570427_0150.pdf>. Acesso em: 20 mar 2018.-

MILAN, Gabriel Sperandio; SOSO, Francis André. BPM –Business Process Management como prática de gestão em uma empresa metalúrgica com estratégia e produção ETO – Engineer-to-order. **Revista Gestão Industrial**, Paraná, 2012.

PIRES, Sílvio R. I. **Gestão da cadeia de suprimentos (supply chain management)**: conceitos, estratégias, práticas e casos. São Paulo: Atlas, 2004.

PRODANOV, Cleber Cristiano; FREITAS, Ernani Cesar de. **Metodologia do Trabalho Científico**: métodos e técnicas da pesquisa do trabalho acadêmico. 2.ed. Novo Hamburgo, RS: Feevale, 2013. Disponível em: <<http://www.feevale.br/Comum/midias/8807f05a-14d0-4d5b-b1ad-1538f3aef538/E-book%20Metodologia%20do%20Trabalho%20Cientifico>>. Acesso em 30 abril 2018.

RITZMAN, Larry; KRAJEWSKI, Lee; MALHOTRA, Manoj. **Administração de produção e operações**. Tradução Mirian Santos Ribeiro de Oliveira. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2009.

RODRIGUES, P. C. Chagas; OLIVEIRA Otávio J. Engineering-to-order versus make-to-stock strategy: an analysis at two printing companies. **International Journal of Management & Production (IJM&P)**, v.1, n.1 dez. 2010. Disponível em: <<http://www.ijmp.jor.br/index.php/ijmp/article/view/28>>. Acesso em 20 mar 2018.

SAIA, Rafael. **Proposta de classificação para a tipologia de produção Engineer-to-order e definição das melhores práticas de manufatura em tais ambientes**. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, SP, 2013. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18156/tde-03122013-101535/publico/RafaelSaiaDEFINITIVO.pdf>>. Acesso em 21 março 2018.

SLACK, Nigel et al. **Administração da produção**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2018.

STEFANELLI, Paola. **Modelo de programação nivelada para produção enxuta em ambiente ETO...com alta variação de tempos de ciclo.** Trabalho de Conclusão (Mestrado em Engenharia de Produção) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, São Carlos, SP, 2010. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18156/tde-14022011-123319/pt-br.php>>. Acesso em 12 abr 2018.

TOLEDO JUNIOR, Itys-fides Bueno de. **Cronoanálise.** 16. ed. Mogi Das Cruzes: O & M Itys Fides Assessoria Escola Editora, 2007.

VIEIRA, R. R. dos Santos et al. Estudo de tempos e métodos no processo produtivo de uma panificadora localizada em Mossoró/RN. **Revista eletrônica gestão e sociedade**, Belo Horizonte, v.9, n.23, mai/ago. 2015. Disponível em: <<https://www.gestaoesociedade.org/gestaoesociedade/article/view/2029>>. Acesso em: 12 abr 2018.

WAGNER, Cleiton Rodrigo. **Sistema de apoio à cronoanálise.** Tese de Conclusão (Bacharelado em Ciências da Computação), Universidade Feevale, Novo Hamburgo, RS, 2011. Disponível em: <<http://biblioteca.feevale.br/Monografia/MonografiaCleitonWagner.pdf> >. Acesso em 21 março 2018.

YANG, Shui-li; LIU, Meng; LI, Li. On forecasting of production cycle of engineer-to-order products. In: IEEE International Conference on Information Management, Innovation Management and Industrial Engineering, 2011, Shenzhen, China. **Anais eletrônicos... IEEE**, 2011. Disponível em: <<https://ieeexplore.ieee.org/document/6114693>>. Acesso em 12 abr 2018.

YIN, Robert K. **Estudo de caso: planejamento e métodos.** Tradução Ana Thorell. 4. ed. Porto Alegre: Brookman, 2010.

ANEXO A – MANUAL PADRÃO DE OPERAÇÕES

O que?	Onde?	Como?	Quando?	Quem?	Porque?
Conferir OP com os planos de corte dos perfis.	OP e Lista de corte	<ul style="list-style-type: none"> - Checar medidas e quantidades de peças discriminadas nos dois documentos (lista e projeto); - Verificar se o comprimento adicional da solda está contemplado na lista de cortes; 	Antes de iniciar o processo de corte	Operador do Corte	Evitar erros de medidas e perdas de perfis.
Realizar check pré-operação	Maquina de corte	<ul style="list-style-type: none"> - área de trabalho limpa; - Dispositivos de segurança ativos; - Energia elétrica, ar comprimido e iluminação apropriada. 	Antes de ligar a máquina	Operador do Corte	Segurança Operacional
Preparar perfis para o corte	Estoque de perfis	<ul style="list-style-type: none"> - Selecionar os perfis e retirar do estoque; verificar senão há pontas para aproveitamento; 			Organizar e sequenciar os cortes

		<ul style="list-style-type: none"> - Dispor na área ao lado da máquina de corte; - Verificar integridade do perfil através de inspeção visual; - Numerar as barras conforme a lista de corte - Dar baixa dos perfis no controle de estoques. 			
Ajustar o comprimento do corte	Painel da máquina Elumatec	<ul style="list-style-type: none"> - dar entrada no comprimento de corte desejado no painel;  <ul style="list-style-type: none"> - Verificar os ângulos de corte dos perfis; - Iniciar corte com os comprimentos maiores da Lista de Corte; (*) detalhes da operação da Serra, verificar no manual de operação do fabricante. 	Após perfis prontos para o corte	Operador do Corte	Reduzir imperfeições na montagem da esquadria
Posicionar o perfil e ajustar os calços.	Serra Elumatec	<ul style="list-style-type: none"> - Posicionar corretamente o perfil no berço da serra; - Ajustar os calços pneumáticos conforme o perfil a ser cortado; 		Operador do Corte	Qualidade do corte e ângulo correto.

Realizar o corte	Serra Elumatec	<p>- acionar o corte no painel da serra;</p>  <p>- Conferir o comprimento obtido na barra com trena; - ajustar o comprimento se necessário; - realizar todos os cortes de mesmo comprimento, antes de ajustar para um novo comprimento. A cada ajuste de comprimento, conferir a medida na primeira barra cortada.</p>	No primeiro corte realizado no comprimento ajustado	Operador do Corte	Garantir o comprimento correto dos cortes.
Identificar e dispor os perfis cortados	Carros de transporte	<p>- Identificar o código em cada peça cortada;</p>  <p>- Cada carro de transporte carregam as peças organizadas por esquadrias;</p>	Após o corte dos perfis	Operador do Corte	Evitar mistura de peças e falta de peças

<p>Dispor os perfis cortados para a próxima etapa da produção</p>	<p>Local definido</p>	<p>- Posicionar os carros de transporte em local definido e na sequência das OP's;</p> 	<p>Após finalização dos cortes</p>	<p>Operador do Corte</p>	
<p>Limpeza da Serra de corte</p>	<p>Máquina de corte</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Desligar energia da máquina; - Remover as aparas para as caçambas de descarte; - organizar as pontas restantes no estoque; - limpar os resíduos e no entorno da máquina. 	<p>Na finalização da Operação de corte</p>	<p>Operador do Corte</p>	<p>Limpeza e organização do local de trabalho</p>