

**GIULIANO LEMBO CATERINA**

**RELATÓRIO DO PRODUTO – MESTRADO PROFISSIONAL EM  
ADMINISTRAÇÃO**

**AVALIAÇÃO DO USO DA INFORMAÇÃO TEMPO PADRÃO NOS  
PROCESSOS DECISÓRIOS EM UMA EMPRESA “*ENGINEER TO  
ORDER*” DO SETOR ELÉTRICO**

Relatório do Produto exigido para o  
Mestrado Profissional em Administração

Linha de pesquisa: Sistemas de  
informação para apoio à decisão

Orientador: Professor Dr. Fabiano Leal

**ITAJUBÁ – MG  
2019**

## RESUMO

Este relatório apresenta os produtos entregues para a empresa em que o mestrado profissional foi realizado. Nele estão contidos uma introdução a respeito do assunto abordado seguido de um pequeno referencial bibliográfico sobre o que foi identificado na literatura. Após essa introdução são expostos a aplicação e os resultados obtidos. Nesse relatório estão inseridos os três produtos entregues como exigência do mestrado profissional: o fluxo do tempo padrão dentre os diversos departamentos da empresa; a análise de sensibilidade de quando o tempo padrão considerado pela empresa diverge do real e uma equação que funciona como um procedimento de escolha de tempos padrão por projeto.

**Palavras-chave:** *engenharia sob encomenda, tempo padrão, cronoanálise*

## ABSTRACT

This report presents the products delivered to the company in which the professional master's degree was held. It contains an introduction about the subject followed by a short bibliographic reference about what was identified in the literature. After this introduction, the application and the results obtained are exposed. This report includes the three products delivered as required by the professional master's degree: the standard time flow among the various departments of the company; Sensitivity analysis of when the standard time considered by the company differs from the real time and an equation that acts as a procedure for choosing standard time per Project.

**Keywords:** *engineer to order, standard time, chrono analysis.*

## SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	3
1.1	Contextualização.....	3
1.2	Justificativa.....	4
1.3	Objetivos.....	5
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	6
2.1	Tipologias de Produção.....	6
2.2	<i>Engineer to order</i> .....	8
2.3	Estudo de Tempos.....	12
2.4	Métodos para determinar o tempo padrão.....	15
2.4.1	Amostragem de trabalho.....	16
2.4.2	Cronoanálise.....	17
2.5	Tempo padrão em sistemas de alta complexidade.....	21
3	MÉTODO DE PESQUISA.....	23
3.1	Classificação da pesquisa.....	23
3.2	Estudo de Caso.....	23
3.3	Condução da pesquisa.....	23
4	APLICAÇÃO.....	25
4.1	Empresa.....	25
4.2	Definição da estrutura conceitual-teórica.....	27
4.3	Planejar o estudo de caso.....	29
4.4	Conduzir teste piloto.....	34
4.5	Coletar dados.....	36
4.5.1	Coleta de Tempos.....	36
4.5.2	Fluxo do tp e processos decisórios.....	37
4.6	Analisar os dados.....	45
4.6.1	Analisar e validar fluxo do tempo padrão.....	45
4.6.2	Calcular o tempo padrão por projeto.....	48
4.6.3	Avaliar o impacto nos indicadores.....	52
4.6.4	Desenvolver procedimento para escolha de tempos por projeto.....	56
5	CONCLUSÕES.....	59
5.1	Sugestões para trabalhos futuros.....	59
	REFERÊNCIAS.....	60

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 Contextualização

O aumento da competitividade entre as empresas incita os gestores a buscarem cada vez mais informações a fim de que as tomadas de decisões sejam feitas da melhor forma possível. A tomada de decisão é um assunto que teve início na pré-história e o homem segue, a todo momento, em busca de novas ferramentas e maneiras de pensar para auxiliar o processo decisório (BUCHANAN; O'CONNELL, 2006).

Para Porto e Bandeira (2006) as organizações necessitam da agilidade e qualidade dos gerentes em seus processos decisórios, com o propósito de aumentar a eficácia dos resultados através de informações que refletem a real situação delas. Os mesmos autores concluem que “constantemente, os administradores deparam-se com um determinado número de opções de decisão e, dentre estas, devem ser escolhidas aquelas que levem a organização a atingir seus resultados” (PORTO; BANDEIRA, 2006, p. 2). Oliveira (2012) define a tomada de decisão como a avaliação das informações necessárias para realizar uma atuação precisa.

Nesta circunstância, a necessidade de definir quais informações são necessárias para tomar decisões é impactada diretamente pela complexidade dos processos que irão passar por tal análise, pois é possível que as organizações necessitem lidar com o processo de customização de seus produtos de acordo com as exigências do mercado o qual tem o objetivo de atender. Ao contrário dos sistemas de produção em massa, a customização envolve os clientes em alguma etapa do processo produtivo das empresas, oferecendo produtos através de sistemas produtivos que satisfaçam suas necessidades.

Organizações que seguem a tipologia *Engineer To Order* (ETO) proporcionam aos seus clientes a possibilidade de customizar seus produtos. ETO “é o projeto do produto sendo feito quase que totalmente baseado nas especificações do cliente. Os produtos são altamente customizados e o nível de interação com o cliente é muito grande” (BREMER; LENZA, 2000, p. 273).

Gerhardt, Fogliatto e Cortimiglia (2007) salientam que o objetivo de customizar é oferecer produtos a preços análogos aos preços-padrão, a fim de obter competitividade. Neste contexto, surge a necessidade da flexibilização dos sistemas de produção capazes de executar diferentes customizações de um mesmo produto.

A flexibilização acaba por implicar em diferentes tempos de processamento. Desta forma, é necessário um estudo com relação às variações desses tempos, para que as tomadas de

decisões que utilizam o tempo como dado de entrada possuam maior acuracidade. Para Wu *et al.* (2016), novos desenvolvimentos nas indústrias são motivados pela crescente necessidade de melhorar a eficiência e pelo maior controle dos tempos de processos.

Dentre os objetivos de se estudar os tempos de processos, Peinado e Graeml (2007) destacam determinar a capacidade produtiva da empresa, elaborar programas de produção, custear a mão-de-obra do produto vendido, antever o custo de um novo produto durante seu projeto e criação e balancear linhas de produção e montagem. Krajewski, Malhotra e Ritsman (2015) ressaltam que o tempo padrão como informação pode ser utilizado para instaurar a avaliação de desempenho, motivar os colaboradores e comparar modelos de processos alternativos.

## 1.2 Justificativa

A estratégia de produção utilizada pela empresa na qual este trabalho foi realizado é ETO, isto é, as características específicas e customizadas em seus produtos, desde a matéria-prima até o produto acabado, variam de acordo com a escolha do cliente.

Dentro de uma mesma família de produtos, que por sua vez podem ser customizados, a empresa utiliza em suas análises, um mesmo tempo padrão para diferentes projetos. Isso faz com que muitas vezes a cadeia produtiva dessincronize e os estoques intermediários e atrasos de entrega aumentem. Também acaba por desconfigurar outras análises que possuem como objetivo tomadas de decisão, como margem de lucro de produtos, *budget* anual, dimensionamento de linha e planejamento da produção.

Nessa conjuntura, adotar um só tempo para uma linha de produtos customizados faz com que as tomadas de decisões fiquem prejudicadas devido à distorção que existe entre a estimativa do tempo de processamento e a realidade.

A seleção do caso de estudo considerou o setor da empresa em que o tempo de execução das atividades produtivas sofrem o maior impacto do processo de customização. O tempo é afetado por inúmeras variáveis que se alteram fortemente para uma mesma família de produtos. Embora pertencentes à uma mesma família, as características de projeto variam significativamente, repercutindo nos tempos dessas atividades e, conseqüentemente, dificultando as tomadas de decisão do cotidiano da empresa.

Por conseguinte, avaliar o impacto que a variabilidade do tempo de execução impõe em empresas ETO, que trabalham em um regime de tempo padrão único para diferentes projetos, mostra-se de suma importância, considerando-se a qualidade das decisões que sofrem

impacto pelo tempo padrão. A consideração de um tempo padrão errôneo e único para cada família, não reflete a realidade e acaba por impossibilitar a análise dos indicadores com os critérios corretos.

### **1.3 Objetivos**

Considerando a variabilidade no sistema produtivo ocasionada pela customização, esta pesquisa tem como objetivo principal avaliar o impacto causado nos indicadores e processos decisórios que serão identificados neste trabalho, pela consideração de um tempo único para customizações de projetos em uma empresa ETO que atende o setor elétrico.

Especificamente, através da coleta de tempos e da identificação de como o tempo padrão é utilizado na composição de indicadores e nos processos decisórios da empresa, este trabalho se propõe a comparar o um tempo padrão calculado (tpc) para diferentes projetos da empresa com o tempo padrão da empresa (tpe) utilizado em seu cotidiano, e então avaliar o impacto ocasionado nos indicadores e processos decisórios.

Por fim, deverá ser apresentado um procedimento de escolha de tempos de acordo com a configuração de cada produto. Com esse procedimento sendo seguido, será possível, então, reduzir erros de cálculo e melhorar as tomadas de decisões.

O objeto de estudo é o processo de bobinagem de transformadores de corrente de uma empresa fabricante de transformadores de alta tensão situada no sul do estado de Minas Gerais. Este processo foi definido como objeto de estudo uma vez que a customização incide maior oscilação no seu tempo de processamento.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

### 2.1 Tipologias de Produção

Segundo Pires (2007), os sistemas produtivos são divididos baseados na forma de interação com os clientes. Especificamente, no nível de interferência que o comprador exerce na forma que o produto terá após a fabricação. O autor identifica duas sistemáticas básicas: “empresas que produzem depois vendem e empresas que vendem depois produzem” (PIRES, 2007, p. 42).

Em empresas que primeiro produzem os produtos e depois os vendem, a produção para estoque (MTS – *Make to stock*), normalmente o volume de peças a serem produzidas é definido por previsões da demanda de cada produto. Desta forma, o cliente não estará presente na concepção do produto, pois os produtos são padronizados (PIRES, 2007). Saia (2013) afirma em seu trabalho que a principal vantagem do sistema MTS é a agilidade na entrega, ressalvando que os custos de estoques costumam ser elevados.

Já empresas que primeiro vendem os produtos para depois os produzirem, a produção sob encomenda (MTO – *Make to order*), iniciam sua produção após a entrada do pedido em carteira sendo que demanda uma alta estratégia de customização (MEREDITH; AKINC, 2007), os pedidos não são repetitivos (PIRES, 2007), pois a interação com os clientes é longa e permiti modificações mesmo durante o processo produtivo (SAIA, 2013). Nesse sistema, os lotes de itens são cuidadosamente produzidos baseados nas especificações dos clientes e geralmente o prazo de entrega e o tempo de produção coincidem (MEREDITH; AKINC, 2007).

Segundo Pires (2007) quem determina o sistema de produção a ser utilizado pelas empresas é o mercado. O Quadro 1 apresenta a distinção das vantagens e desvantagens dos sistemas produtivos MTS e MTO, de acordo com as perspectivas do produto e do cliente.

Quadro 1 - Vantagens e desvantagens da produção para estoque e sob encomenda

SISTEMA	PERSPECTIVA	VANTAGENS	DESVANTAGENS
	Produto	- Maior potencial para padronizar e racionalizar os programas de produção e os processos produtivos no geral.	- Incerteza da demanda especialmente em termos de <i>mix</i> e volume.

<b>MTS</b>		- Maior potencial de redução de custos e de ciclos produtivos.	- Custos dos estoques de matéria-prima e de produtos acabados. - Custo do capital de giro.
	Cliente	- Pronta entrega. - Preço geralmente menor. - Produto padronizado ( <i>standard</i> ).	- Necessidade de se adequar ao produto padronizado.
<b>MTO</b>	Produto	- Certeza na demanda (produzir após pedido).  - Maior racionalização do capital de giro via pagamentos antecipados do produto.	- Dificuldade para padronizar e racionalizar os programas e a produção no geral. - Maior custo dos estoques em processo de produção. - Dificuldade na redução de custos e ciclos produtivos.
	Cliente	- Produto feito de forma customizada (personalização).	- Longos tempos de espera. - Preços geralmente maiores.

Fonte : Pires (2007, p. 43)

A montagem sob encomenda (ATO- *Assemble to order*) é categorizada por Pires (2007) como um sistema híbrido em que alguns elementos que compõem um produto, ou subprodutos, são produzidos para um estoque intermediário permanecendo até o encerramento da venda. A requisição do cliente é entregue ao processo de montagem do produto com os requisitos de sua configuração final (SAIA, 2013), sendo que, a sequência dos processos trata de prever a demanda dos componentes, planejar a produção e produzir os componentes para estoque, vender, planejar e executar a produção derradeira e entregar (PIRES, 2007). No sistema ATO os clientes possuem interação restrita, sendo uma estratégia apropriada para respostas rápidas, porém não imediatas, com uma variedade de opções limitadas. (MEREDITH; AKINC, 2007; SAIA, 2013).

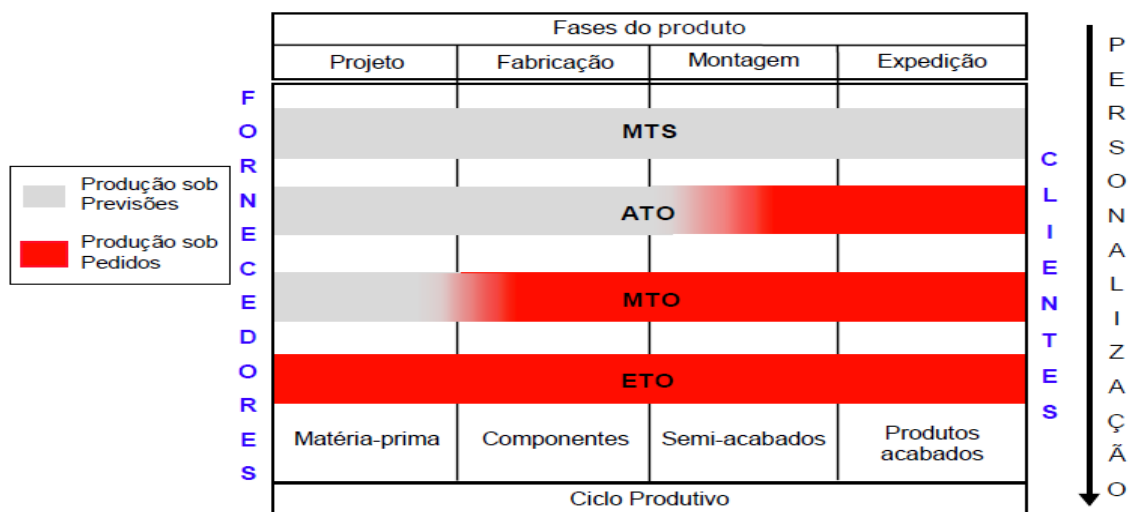


Uma quarta classificação para os sistemas produtivos é a ETO, que “na realidade é como se fosse uma extensão do sistema MTO” (PIRES, 2007, p. 45). A alta customização e intensa interação com o cliente são características desse sistema.

Segundo Hicks, McGovern e Earl (2001) a maioria das pesquisas publicadas sobre operações e gerenciamento da cadeia de suprimentos descuidou das necessidades específicas da ETO.

A Figura 1 apresenta uma visão sobre as diferentes tipologias de produção, ETO, MTS, ATO e MTO. Ela relaciona as fases de produção com a personalização dos produtos, para os diferentes sistemas produtivos, que possuem as fases de concepção dos produtos trabalhando sob previsão e sob pedidos. É possível observar que na ETO existe uma maior personalização do produto e a matéria prima é comprada de acordo com o pedido ou a entrada do projeto para cada cliente.

Figura 1 - Sistemas produtivos e as formas de interação com os clientes externos



Fonte : Pires (2007, p. 46)

## 2.2 *Engineer to order*

As empresas que utilizam o sistema produtivo ETO possuem uma extensa gama de processos de negócios, que possuem alta complexidade e interação. Estão inclusos os processos físicos, não físicos e os de suporte (HICKS; MCGOVERN, 2009).

Os produtos ETO são caros, especialmente quando sua complexidade técnica é alta e quando seus prazos de entrega são longos devido às atividades de projeto e desenvolvimento (AMRANI-ZOUGGAR; ZOLGHADRI, 2014).

Chen (2006) afirma que, quando se trata de ambientes de negócios ETO, a interface que leva cliente e empresa a comprar e vender produtos inéditos é uma das principais razões do impulsionamento desse sistema produtivo. Tal afirmação é enriquecida no trabalho de Birkie e Paolo (2016) que asseguram que o foco, nesse sistema, é a necessidade de tornar os procedimentos de personalização de produtos e processos mais ágeis, a fim de, responder a necessidade dos clientes em tempo real.

Em sua forma clássica, o processo de desenvolvimento de produtos ETO começa com pedidos e especificações dos clientes para cada pedido e termina com um projeto de engenharia. A ETO geralmente envolve tanto engenharia quanto fabricação de mercadorias em menores volumes (CHEN, 2006).

Na opinião de Amrani-Zouggar e Zolghadri (2014) no sistema produtivo ETO não existe o comprometimento da empresa fabricante em realizar o *design*, o desenvolvimento do produto e a fabricação do mesmo até receber o pedido do cliente que, por sua vez, deve conter as expectativas e especificações sobre as peças novas.

Para um fabricante ETO um produto é o resultado de um projeto e então atende a definição de ser temporário e único, pois geralmente possui elementos exclusivos e os níveis de estoque de matéria-prima são baixos. Os requisitos exclusivos do cliente são parte integrante da engenharia e processo de fabricação. Além disso, o cliente e os engenheiros definem o produto final (YANG, 2013).

Desta forma, atrasos na entrega podem se tornar longos e a busca pela sua minimização, durante o processo de satisfação das exigências dos clientes, aumentam as chances de sucesso do negócio (AMRANI-ZOUGGAR; ZOLGHADRI, 2014).

Sob o ponto de vista de uma presente pressão oriunda do mercado, a fim de obter novos produtos mais rapidamente, ou seja, com prazos de entrega menores, Amrani-Zouggar e Zolghadri (2014) alegam que existe um escopo para o desenvolvimento de novas abordagens e ferramentas inteligentes de apoio à decisão para lidar com as exigências e expectativas do cliente.

Apesar de todas as diversas definições que relacionam o produto ETO a algo inédito, um produto ETO dificilmente é totalmente novo. Em Amrani-Zouggar e Zolghadri (2014) é possível encontrar um esclarecimento a respeito disso, pois os autores afirmam que podem existir alguns aspectos novos que solicitam modificações e inovações durante a fase do projeto, relacionados ao *design* e funções, ou na fase de industrialização, relacionadas às definições de processo e pesquisa de novos equipamentos. Os autores então concluem que, se

tais modificações se restringirem apenas a fase de fabricação, o produto não poderia ser considerado como um produto ETO.

Diante disso, no estudo de Willner *et al.* (2016) é possível encontrar uma categorização do sistema ETO em quatro diferentes classes. Baseados na complexidade do processo de engenharia (mensurado em horas de trabalho da engenharia por média anual de produtos vendidos) e na média anual de vendas (média de quantidade vendida) os autores definem as classes em:

- a) ETO complexa é a categoria em que os produtos são intitulados um de cada tipo. Caracterizados por baixo volume (<750 unidades por ano) e uma alta complexidade do processo de engenharia. Pode-se dar como exemplo a esta categoria produtos como navios, plataformas de óleo e usinas nucleares. Produtos desta classe exigem uma alta interação com os clientes que por sua vez devem ser muito precisos em suas especificações.

Em ETO complexa não existe uma viabilidade econômica quando se trata de um possível aumento de produção ou redução da complexidade do processo de engenharia. A limitação de demanda e as altas barreiras de entrada fazem com que o mercado dessa categoria seja restrito a poucos fornecedores. Isto é baseado nos requisitos de automação e padronização, que poderiam ser estratégias para recorrer a diminuição da complexidade da engenharia, pois os autores ainda afirmam que o esforço necessário é superior ao que se ganha.

- b) ETO básico é caracterizado por baixo volume de produção (< 750 unidades por ano) e baixa complexidade do processo de engenharia. Pode-se utilizar como exemplos de produção básica os teleféricos e usinas de asfalto.

O processo de engenharia normalmente atua em uma parte do pedido, e então apenas alguns parâmetros do produto são afetados pelo pedido. É possível então afirmar que os produtos ETO básico são produtos MTO com variações e passível de modificações (customização).

O sistema ETO básico normalmente apresenta prazos de entregas médios e longos e o gerenciamento pode ser baseado em projeto ou em produto específico. Desta forma, o nível de padronização e automação para esse produto é intitulado médio, sendo que um baixo volume aliado a uma baixa taxa de repetição torna a padronização completa inviável devido ao risco de tornar o produto muito complexo para uma demanda de produtos mais simples.

c) ETO repetitivo é caracterizado por um alto volume (>750 unidades por ano) e baixa complexidade de engenharia, podendo ser considerado como uma forma especial de MTO. Podem ser utilizados como exemplos elevadores e ônibus. Similar a ETO básico, essa categoria também possui um desenvolvimento de produto como MTO podendo ser modificado mediante as solicitações do cliente. Prazos de entrega costumam ser curtos a médios. A ETO repetitivo é tratada principalmente por uma organização baseada em produtos.

A engenharia específica do pedido é processada por uma abordagem de tratamento de exceções. Por exemplo, um departamento dedicado fornece engenharia como serviço.

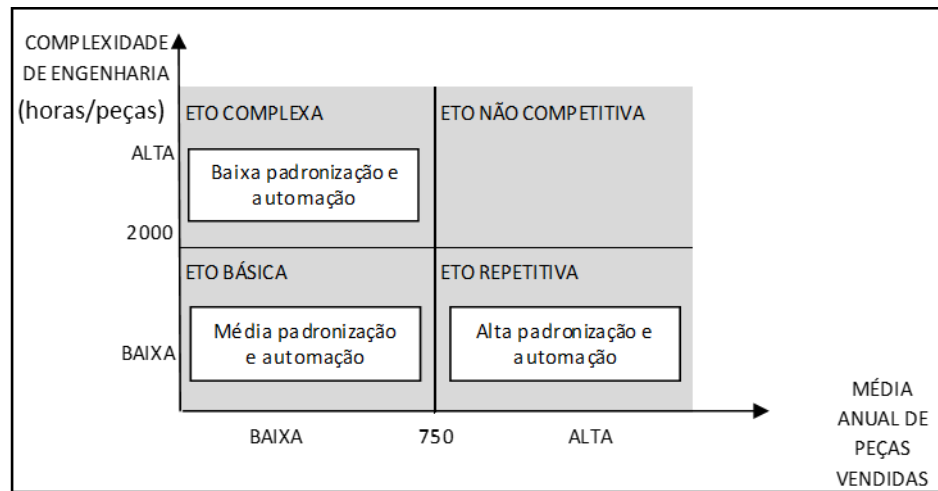
O nível de padronização e automação é alto, pois a repetitividade de processos e pedidos é comparativamente alta. As modificações de engenharia podem ser tratadas como exceções ao processo MTO.

d) ETO não competitiva é caracterizada por produtos que são fabricados em grandes volumes (>750 unidades por ano) e contêm uma alta complexidade de engenharia.

Os autores não puderam identificar casos que descrevessem produtos caracterizados como ETO não competitiva, mas afirmam que são produtos de ambientes muito específicos como em mercados de rápida e momentânea expansão, o que faz com que as empresas necessitem reduzir o esforço da engenharia para se tornarem competitivas a longo prazo.

A Figura 2 representa a distribuição realizada pelos autores considerando os eixos da complexidade de engenharia (em horas de trabalho da engenharia por média anual de produtos vendidos) e média anual de vendas (média de quantidade vendida).

Figura 2 - Matriz de ETO



Fonte: Adaptado de Willner *et al.* (2016)

A empresa em que este trabalho foi realizado se acomoda na categoria de ETO repetitiva, sendo que o início do desenvolvimento do produto é caracterizado como MTO e então o produto sofre modificações após a entrada do pedido em carteira. O impacto dessas modificações irá implicar em uma variação das quantidades de matéria prima (e seu respectivo custo) e principalmente no tempo de processamento das diferentes variações, fazendo-se necessário estudar a variabilidade do tempo e seu impacto nos processos decisórios da empresa.

### 2.3 Estudo de Tempos

O estudo dos tempos é uma técnica para estimar o tempo permitido para executar uma atividade específica, por um operador qualificado e treinado em um ritmo normal de trabalho, o que é denominado “tempo padrão” (KULKARNI; SHIRE; CHANDRATRE, 2014).

De acordo com Peinado e Graeml (2007) a medida de tempos em ambientes industriais teve início no século passado tendo os trabalhos de Frederick W. Taylor e do casal Frank e Lillian Gilbreth como pioneiros. Os autores ressaltam que poucas mudanças ocorreram desde então, e que ainda nos dias de hoje, as técnicas de cronometragem são amplamente adotadas por empresas brasileiras para avaliação e medição de desempenho das atividades.

“O estudo do tempo é o campo da engenharia em que a produtividade do processo de fabricação é medida para descobrir o escopo de melhoria.” (GULHANE *et al.*, 2017, p. 1).

Slack, Chambers e Johnston (2002) definem o estudo dos tempos como uma técnica para registrar os tempos e o ritmo de trabalho. No entanto os autores ressaltam que este método se aplica para elementos de uma tarefa especializada e realizada sob condições padronizadas,

visando analisar os dados e obter o tempo necessário para a realização do trabalho com o nível requerido de desempenho.

Diversos autores discorrem acerca dos objetivos do estudo dos tempos. Peinado e Graeml (2007) apresentam como um destes a eliminação de informações desnecessárias nas operações determinando o melhor método para sua execução através de mecanismos que entreguem análises detalhadas das operações. Já Michelino (1964) retrata em seu trabalho a existência de alguns ensejos para o dimensionamento de tempos como controlar o custo, atualizar os métodos, selecionar e treinar mão de obra.

Ainda, Barnes (1977) ilustra que estudar movimentos e tempos acaba por desenvolver melhores métodos e padronizações, auxiliando a determinar os tempos de operações em um ritmo normal, assim como possibilita melhorar a forma de treinamento da mão de obra.

No trabalho de Godinho Filho e Fernandes (2006) os autores apresentam como efeito do superdimensionamento e falta de atualização de tempos a instabilidade do planejamento de materiais, uma vez que os tempos incorretos inseridos no sistema implicam em mal dimensionamento dos recursos produtivos. Martins e Laugeni (2005) apontam como papel do tempo o estabelecimento de padrões para programar e balancear a produção e o fornecimento de informações para determinar custos e estimar o custo de novos produtos.

De acordo com Leal (2003, p. 3):

O uso do tempo padrão como forma de analisar a capacidade produtiva de um sistema está inserido nos princípios e conceitos da Administração Científica, conhecida como Teoria X, que visa aumentar os níveis de produtividade a partir da racionalização do trabalho.

O estudo do tempo na literatura está comumente associado ao aumento da produtividade. Trabalhos como de Kulkarni, Shire e Chandratre (2014) e Duran, Cetindere e Aksu (2015) utilizam a técnica de estudo do tempo para agregar um aumento nos níveis de produtividade.

O tempo padrão é um recurso que auxilia na análise de diversos aspectos relacionados a concepção do produto, assim como no dimensionamento da estrutura organizacional. Para fazer uso deste mecanismo é necessário considerar todos os aspectos presentes no cotidiano de trabalho, porque estes influenciam no tempo total demandado para a fabricação de um produto.

Krajewski, Malhotra e Ritsman (2015) exibem seis diferentes utilizações de tempo padrão comumente utilizadas por gestores:

a) estabelecer custos e preços

No que diz respeito a estabelecer os custos e preços os autores afirmam que gestores utilizam o tempo para decidir qual será os custos dos produtos e definir análises orçamentarias determinando o preço e então optar pela produção ou aquisição de um produto;

b) motivar mão de obra

Ao que tange a motivação da mão de obra eles definem que o tempo acaba sendo utilizado para incentivar os operadores a atingirem a sua melhor performance;

c) comparar processos alternativos

Os gestores podem utilizar o tempo para comparar diferentes rotinas de trabalho e então definirem novas maneiras de realizar o produto;

d) rotina de trabalho

Sobre a rotina de trabalho os autores exemplificam que os gerentes necessitam do tempo padrão para designar tarefas aos operadores e máquinas a fim de utilizarem seus recursos de maneira eficiente;

e) planejar a capacidade produtiva

A utilização do tempo padrão para planejar a capacidade produtiva está associada diretamente à determinação da capacidade atual de produção e ao planejamento das necessidades oriundas de um aumento de demanda como o aumento de mão de obra efetiva;

f) avaliação de performance

Por fim os autores asseguram que o tempo padrão pode ser comparado ao tempo utilizado pelo operador na realização de suas atividades para alcançar uma avaliação de performance. Ela cabe na avaliação dos gerentes, que pode ser mensurada através da comparação dos custos de produção atuais com os custos predeterminados.

O Quadro 2 apresenta uma compilação da utilização e objetivos de estudo do tempo padrão, associados aos trabalhos dos autores encontrados na literatura e apresentados neste trabalho. E posteriormente serão utilizados para confrontar com os indicadores e processos decisórios encontrados durante a pesquisa.

Quadro 2 - Utilização do tempo padrão

Objetivos de estudar o tempo padrão	Autores
-------------------------------------	---------

<b>- Calcular Produtividade</b>	Gulhane <i>et al.</i> (2017); Leal (2003); Kulkarni, Shire e Chandratre (2014); Duran, Cetindere e Aksu (2015)
<b>- Dimensionar Capacidade Produtiva</b>	Peinado e Graeml (2007); Godinho Filho e Fernandes (2006); Leal (2003); Krajewski, Malhotra e Ritsman (2015)
<b>- Programar e Balancear a Produção</b>	Peinado e Graeml (2007); Martins e Laugeni (2005); Krajewski, Malhotra e Ritsman (2015); Souza <i>et al.</i> (2013)
<b>- Custear Produto</b>	Peinado e Graeml (2007); Michelino (1964); Martins e Laugeni (2005); Krajewski, Malhotra e Ritsman (2015)
<b>- Estabelecer padrões e métodos</b>	Peinado e Graeml (2007); Michelino (1964); Martins e Laugeni (2005); Krajewski, Malhotra e Ritsman (2015); Barnes (1977)
<b>- Motivar e avaliar mão de obra</b>	Krajewski, Malhotra e Ritsman (2015)
<b>- Treinamento mão de obra</b>	Michelino (1964); Barnes (1977)
<b>- Planejar Materiais</b>	Godinho Filho e Fernandes (2006)

Fonte: Autor

## 2.4 Métodos para determinar o tempo padrão

Bures e Pivodova (2014) exibem em seu trabalho uma comparação de três métodos para a padronização do tempo. Ainda afirmam que os métodos de medições possuem como restrição a aplicação em produções já existentes concluindo que nessa situação é possível medir os tempos diretamente com cronômetros, indiretamente com auxílio de vídeo ou estatisticamente através de observações com frequências preestabelecidas.

Krajewski, Malhotra e Ritsman (2015) classificam quatro métodos de mensuração do trabalho: método do estudo do tempo; método de dados padrões elementares; método de dados predeterminados; método da amostragem do trabalho.

Por fim, Duran, Cetindere e Aksu (2015) categorizam em dois métodos o estudo do tempo. O método da medição que pode ser abordado pela cronometragem e amostragem de trabalho e o método de cálculo que utiliza de tempos pré-determinados comumente utilizado em sistema produtivos que estão em fase inicial de implementação.

Como observado nos trabalhos em que ocorre variação no processo produtivo (mas não apresentaram nomenclatura para a tipologia) a determinação do tempo padrão é realizada



de maneiras diferentes em cada contexto. A seguir, serão apresentados dois dos métodos mais utilizados e convencionais de medição de tempos: a amostragem de trabalho e a cronoanálise para processos de produtos padronizados.

#### **2.4.1 Amostragem de trabalho**

Barnes (1977) afirma que a amostragem de trabalho foi desenvolvida na indústria inglesa por L. H. C. Tippet. A amostragem de trabalho pode ser definida como um método de estudar o tempo através de observações eventuais com caráter momentâneo a fim de determinar o tempo utilizado para execução de atividades (MELLO, 2002).

De acordo com Krajewski, Malhotra e Ritsman (2015) a amostragem de trabalho envolve a estimativa do tempo despendido nas atividades fundamentadas em observações. Os autores asseguram que a proporção do tempo da amostragem que é observada é utilizada como representação do tempo gasto na atividade como um todo.

Krajewski, Malhotra e Ritsman (2015) apresentam um procedimento para amostragem de trabalho subdividido em oito etapas:

1. definir atividades.
2. delinear o formulário de observação.
3. determinar a duração do estudo.
4. determinar o tamanho inicial de amostragem.
5. selecionar observações aleatórias através de uma tabela randômica.
6. determinar a agenda de observação.
7. coleta de dados.
8. definir se mais amostragens são necessárias.

Em seu trabalho Batista, Silva e Corteletti (2013) comparam a amostragem do trabalho a outros métodos quanto a maior rapidez e menor custo que o método proporciona. Sobre a abrangência da utilização do método os autores definem três utilizações como principais: o tempo relacionado à espera do trabalho de homens e máquinas, a análise de desempenho por amostragem e a medição do trabalho. Segundo Barnes (1977) a amostragem de trabalho está baseada em leis de probabilidade.

A condução de um estudo que utiliza a amostragem de trabalho como método deve levar em consideração a representatividade do trabalho, ou seja, as observações das atividades devem possuir um tempo de observações proporcionais a sua ocorrência. Caso uma atividade

ocorra uma vez a cada semana é necessário que o estudo dure o tempo proporcional para atingir a quantidade de observações necessárias (KRAJEWSKI; MALHOTRA; RITSMAN, 2015).

A Equação 1 apresentada no trabalho de Krajewski, Malhotra e Ritsman (2015) pode ser utilizada para definir o tamanho da amostra.

$$n = \frac{z^2}{e} \times \rho \times (1 - \rho) \quad (1)$$

- n = tamanho da amostra
- z = desvio necessário para atingir a confiança desejada
- e = erro máximo
- p = proporção da amostra (número de ocorrências dividido pelo tamanho da amostra)

Durante o processo de observação é necessário alternar os horários de abordagens, uma vez que o operador a ser observado pode alterar o seu comportamento sabendo o momento em que será analisado (KRAJEWSKI; MALHOTRA; RITSMAN, 2015).

Por fim, Barnes (1977) define a equação para o tempo padrão através da amostragem do trabalho conforme Equação 2.

$$Tp = \frac{(Tr \times Tt \times Ia)}{npeças} + tol \quad (2)$$

- Tp = Tempo padrão
- Tr = Tempo registrado
- Tt = Tempo trabalhado
- Ia = Índice de atividade
- tol = Tolerâncias

#### 2.4.2 Cronoanálise

A cronoanálise busca melhorar o método de trabalho através de uma tabulação. Já a cronometragem, que é utilizada pela cronoanálise, trata do cálculo e o mecanismo para atingir uma medida para o tempo padrão (TOLEDO JR; KURATOMI, 1977).

A cronometragem permite a real coleta de tempos para cada projeto. Este método pode ser subdividido em algumas etapas, essenciais para a obtenção de um resultado correto.

O primeiro passo para iniciar a cronometragem é dividir a operação em elementos. A respeito desta tarefa, Contador (2010) atenta para a cautela necessária na hora de realizar tal divisão. Alguns dos cuidados apontados incluem o exagero e o abrando na quantidade de elementos, a fim de evitar confusão no entendimento do processo. Neste ponto são realizadas algumas cronometragens, que podem ser realizadas de forma contínua, repetitiva ou acumulada.

Em seguida, a próxima etapa diz respeito a calcular o tamanho da amostra, ou seja, definir a quantidade de ciclos necessários. De posse dos dados coletados, calcula-se a quantidade de amostras necessárias tal como apresentado por Martins e Laugeni (2005) na Equação 3.

$$n = \left( \frac{A \times Z}{(m \times Er \times d)} \right)^2 \quad (3)$$

- n = tamanho da amostra;
- A = amplitude da amostra de cronometragens;
- Z = nível de confiança da distribuição normal;
- m = média de amostra;
- Er = erro relativo;
- d = coeficiente em função do número de cronometragens.

Os autores consideram o erro relativo, a média da amostra e o coeficiente obtido em tabelas estatísticas específicas em função do número de cronometragens realizadas, o que permiti trabalhar de duas a 10 amostras em casos de quantidade de coletas inferiores a 10. Para determinar os valores do nível de confiança (Z) e do coeficiente (d) são utilizadas as tabelas 1 e 2 respectivamente.

Tabela 1 - Coeficientes de distribuição normal

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

Fonte: Adaptado de Martins e Laugeni (2005)

Tabela 2 - Coeficiente para o número de amostragens iniciais

N	2	3	4	5	6	7	8	9	10
d	1,128	1,693	2,059	2,326	2,534	2,704	2,847	2,970	3,078

Fonte: Adaptado de Martins e Laugeni (2005)

Segundo Leal, Leal e Almeida (2009), o cálculo do tempo padrão requer que os tempos sejam nivelados, pois existem acontecimentos esporádicos como, por exemplo, queda de algum instrumento, interferência externa e outras eventualidades. Para utilizar os tempos obtidos, exige-se que os acontecimentos sejam frequentes. O nivelamento termina quando se elimina os valores *outliers*.

Outro fator a ser considerado e que deve ser corrigido é a execução dos processos por pessoas de diferentes níveis de experiência. Isto demanda analisar o operador de acordo com sua habilidade e esforço. Esta etapa está relacionada com a normalização dos dados, no qual o fator eficiência começa a ser considerado nos cálculos. A normalização pressupõe

corrigir o tempo através da análise de características do funcionário cronometrado, como habilidade e esforço. O ideal é buscar um funcionário com condições “médias”, tornando assim essa correção da normalização desnecessária.

O desempenho esperado, seguindo o sistema Westinghouse, é categorizado por Barnes (1977), através de valores de classificação conforme a Tabela 3 para habilidade e esforço, e conforme Tabela 4 para Condições e Consistência.

Tabela 3 - Sistema Westinghouse para avaliação de habilidade e esforço

Habilidade			Esforço		
+0,15	A1	Super-hábil	+0,13	A1	Super-hábil
+0,13	A2		+0,12	A2	
+0,11	B1	Excelente	+0,10	B1	Excelente
+0,08	B2		+0,08	B2	
+0,06	C1	Bom	+0,05	C1	Bom
+0,03	C2		+0,02	C2	
0,00	D	Médio	0,00	D	Médio
-0,05	E1	Regular	-0,04	E1	Regular
-0,10	E2		-0,08	E2	
-0,16	F1	Fraco	-0,12	F1	Fraco
-0,22	F2		-0,17	F2	

Fonte: Barnes (1977)

Tabela 4 - Sistema Westinghouse para avaliação de condições e consistência

Condições			Consistência		
+0,06	A	Ideal	+0,04	A1	Perfeita
+0,04	B	Excelente	+0,03	A2	Excelente
+0,02	C	Boa	+0,01	B1	Boa
+0,00	D	Média	+0,00	B2	Média
-0,03	E	Regular	-0,02	C1	Regular
-0,07	F	Fraca	-0,04	C2	Fraca

Fonte: Barnes (1977)

Os fatores devem ser selecionados de acordo com o executante da avaliação, e então somados para compor o fator eficiência.

Barnes (1977) define que a avaliação de ritmo deve ser aplicada ao tempo selecionado a fim de obter o tempo normal. Desta forma o tempo normal fica representado na Equação 4.

$$T_n = T_s \times (f_h + f_e + f_c + f_{cons} + 1) \quad (4)$$

- $T_n$  = Tempo normalizado
- $T_s$  = Tempo selecionado

- fh = fator habilidade
- fe = fator esforço
- fc = fator condições
- fcons = fator consistência

Após o nivelamento e a normalização, tem início a inserção das tolerâncias. Leal, Leal e Almeida (2009) concluem que a fadiga, caracterizada após a liberação de energia e cansaço, deve levar em consideração o esforço físico, esforço mental e monotonia do processo. O esforço físico é o desgaste devido a uma atividade que envolva a utilização dos músculos e o esforço mental ocorre devido a atividades mentais, para o caso de atividades que exijam concentração do operador para sua execução.

A Tabela 5 corresponde aos parâmetros de monotonia e esforço, apresentado por Barnes (1977), seguindo o sistema Westinghouse.

Tabela 5 - Tabela de Esforços e Monotonia

Trabalho	Esforço		Monotonia	
	Físico	Mental	Duração do Ciclo (min)	Abono
Muito Leve	1,8%	-	0.00 - 0.05	7.8%
Leve	3,6%	0,6%	0.06 - 0.25	5.4%
Médio	5,4%	1,8%	0.26 - 0.50	3.6%
Pesado	7,2%	3,0%	0.51 - 1.00	2.1%
Muito Pesado	9,0%	-	1.00 - 4.00	1.5%
			4.00 - 8.00	1.0%
			8.00 - 12.00	0.6%
			12.00 - 16.00	0.3%
			> 16.00	0.1%

Fonte: Barnes (1977)

Após a seleção dos critérios, torna-se possível padronizar o tempo. Os fatores de esforço e monotonia são somados obtendo o fator de tolerância e incluídos neste tempo normalizado formando então o tempo padrão apresentado na Equação 5.

$$Tp = Tn \times (1 + ftol) \quad (5)$$

- Tp = Tempo padrão
- Tn = Tempo normalizado
- ftol = fator de tolerância

O procedimento para execução da cronoanálise pode ser sintetizado no Quadro 3 em 10 passos conforme apresentado por Kulkarni, Shire e Chandratre (2014).

Quadro 3 – Os 10 passos para determinar o tempo padrão

<b>Passo 1</b>	Definir objeto de estudo.
----------------	---------------------------

<b>Passo 2</b>	Verificar a padronização do trabalho e se o operador está devidamente treinado.
<b>Passo 3</b>	Selecionar o operador.
<b>Passo 4</b>	Registrar as informações oriundas da operação na planilha de observação. Operador, produto, equipamento e condições.
<b>Passo 5</b>	Dividir a operação em atividades e registrar na planilha de observação.
<b>Passo 6</b>	Coletar o tempo de algumas amostras e registrar na planilha de observação.
<b>Passo 7</b>	Coletar os tempos necessários e nivelar amostras.
<b>Passo 8</b>	Calcular o tempo representativo de cada atividade e normalizar o tempo.
<b>Passo 9</b>	Determinar tolerância de fadiga e monotonia.
<b>Passo 10</b>	Determinar o tempo padrão da operação somando as tolerâncias ao tempo normalizado.

Fonte : Adaptado de Kulkarni *et al.* (2014)

## 2.5 Tempo padrão em sistemas de alta complexidade

Os métodos para cálculo do tempo padrão que foram apresentados até aqui são comumente utilizados em sistemas produtivos padronizados.

Para as empresas que possuem a customização de seus projetos, determinar o tempo padrão não é uma tarefa de fácil realização. Considerando um contexto no qual há uma alta variabilidade, fazer o levantamento de tempos, projeto a projeto, acaba sendo inviável. Atalay, Eraslan e Çinar (2015) explicitam que o custo do estudo do tempo pode se tornar proibitivo dependendo da complexidade do processo produtivo, complementando que novos e mais efetivos métodos de estudos devem ser desenvolvidos para contornar essa complicação.

Barboza e Azevedo (2018) desenvolveram uma modelagem híbrida em um ambiente complexo (MTO/ETO) para avaliação de desempenho da customização, da alocação dos recursos produtivos e o gerenciamento de tarefas da linha produtiva, indicadores que dependem diretamente do tempo. Os autores concluem que a complexidade de tais ambientes incita o uso da simulação como alternativa para a avaliação do desempenho. Os resultados obtidos quando considerados apenas a demanda de produtos padrões apresentaram um alinhamento com a literatura existente, porém quando os pedidos de projetos especiais são considerados os resultados e as avaliações se tornam mais incertas (BARBOZA; AZEVEDO, 2018).

Já Akinc e Meredith (2015) apresentam uma nova abordagem intitulada de produção para previsão com o intuito de obter uma alta personalização alinhada a entregas rápidas, itens que também exigem conhecimento do tempo padrão e/ou tempo de ciclo. Os

autores revisaram a nova abordagem que combina as vantagens estratégicas da produção para estoque e a produção sob encomenda, definindo que tal abordagem é mais complexa para se gerenciar pois exige atenção estratégica e antecipada do produto, dos processos e da capacidade da linha produtiva, uma vez que cada projeto ou produto demanda uma pré-avaliação dos conceitos a serem utilizados já que apresentam parâmetros únicos.

Dentre os trabalhos pesquisados foi possível identificar alguns métodos para estimar os tempos de processos em ambientes com alta complexidade no processo produtivo.

No trabalho de Souza *et al.* (2013) os autores utilizaram uma regressão linear múltipla para prever tempos de secagem de sementes de milho, analisando estatisticamente as variáveis do processo e concluíram que é necessário avaliar as variáveis do processo estudado para poder contribuir com as tomadas de decisões do dia a dia. Ainda, de acordo com eles, a previsibilidade do tempo é fundamental para que o planejamento de produção possa otimizar o sequenciamento da produção.

Em Kang, Kim e Rhee (1994) os autores exibem uma distribuição de pesos para as variáveis do processo estudado, para então realizar uma regressão a fim de definir uma equação para determinar o tempo do processo, onde dessa forma é exibido um procedimento de estimativa de tempo padrão utilizando regressão linear múltipla em cinco passos:

1. coletar de dados padrões e mensurar o tempo para cada processo;
2. organizar a planilha de dados utilizando dados padrões;
3. definir as variáveis independentes que afetam o tempo de processamento;
4. realizar a equação;
5. estimar o tempo padrão.

Em Ko, Cha e Rho (2007) são apresentadas duas abordagens para determinar o tempo padrão em uma empresa de fabricação de louças, a qual trabalha em um sistema no qual os autores intitulam *multi-pattern*, ou em uma tradução literal, multipadrões. Na primeira abordagem delimitando os dados da produção eles determinam novos pesos para cada variável do processo e categorizam em graus de dificuldades e, em uma segunda abordagem, eles utilizam os pesos já predeterminados em duas categorias, ao final apresentam modelos de regressão múltiplas para cada uma das abordagens.

No trabalho de Ko, Cha e Rho (2007) os autores afirmam que diante da complexidade e diversidade de produtos, a coleta de dados para produções mais complexas é comumente utilizada para contabilizar o total de peças produzidas, em vez de ser utilizado para estimar o tempo padrão para cada processo.

Existem abordagens mais complexas como a apresentada em Atalay, Eraslan e Çinar (2015) que utilizaram um algoritmo híbrido baseado na análise de regressão linear *fuzzy* por programação quadrática para estimar o tempo em uma indústria de transformação. Os autores concluem que o algoritmo proposto possui uma alta sensibilidade e eficiência para ser utilizado na estimativa do tempo padrão em empresas que não possuem conhecimento exato a respeito do tempo padrão dos produtos que fabricam.

### **3 MÉTODO DE PESQUISA**

#### **3.1 Classificação da pesquisa**

A pesquisa é classificada como sendo de natureza aplicada, com objetivo exploratório e abordagem quantitativa e qualitativa, sendo o método adotado o estudo de caso.

#### **3.2 Estudo de Caso**

Yin (2001) defende a escolha de um caso único quando:

- o caso retrata uma teoria e seu teste é oportuno;
- o caso é incomum;
- o caso tem finalidade sintomática.

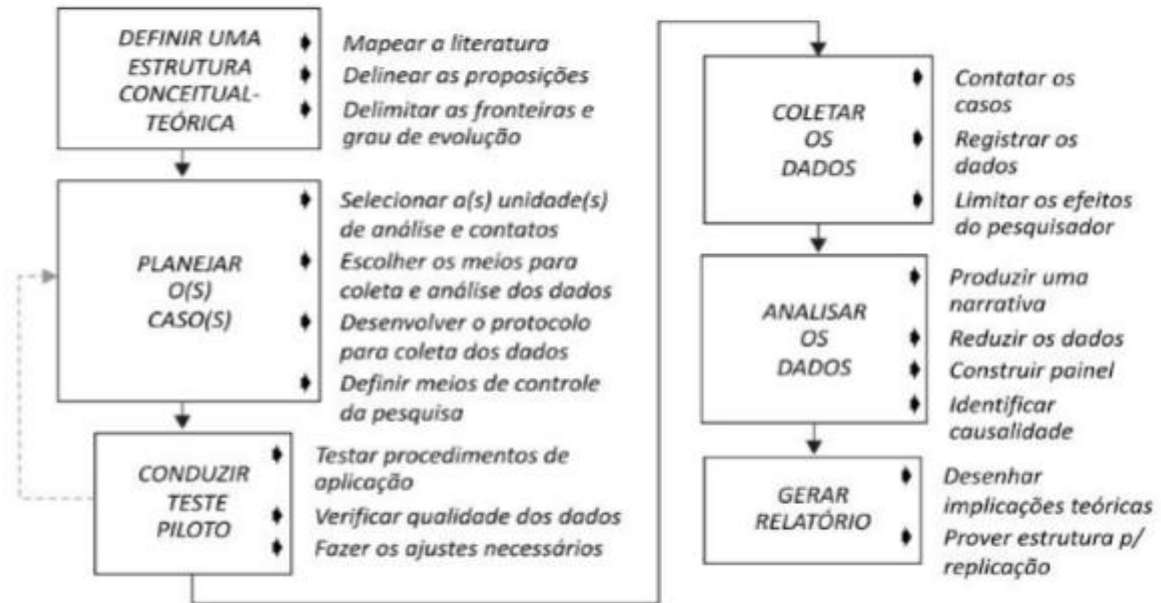
Este trabalho foi realizado em uma empresa do setor elétrico situada no sul do estado de Minas Gerais. O projeto teve início no segundo semestre de 2016. O estudo de caso é referente ao processo de bobinagem executado para a fabricação dos núcleos de transformadores de corrente. Esse processo será analisado sob a ótica do tempo padrão.

#### **3.3 Condução da pesquisa**

A condução deste projeto foi estabelecida baseada no trabalho de Miguel *et al.* (2012) mostrado na Figura 3.



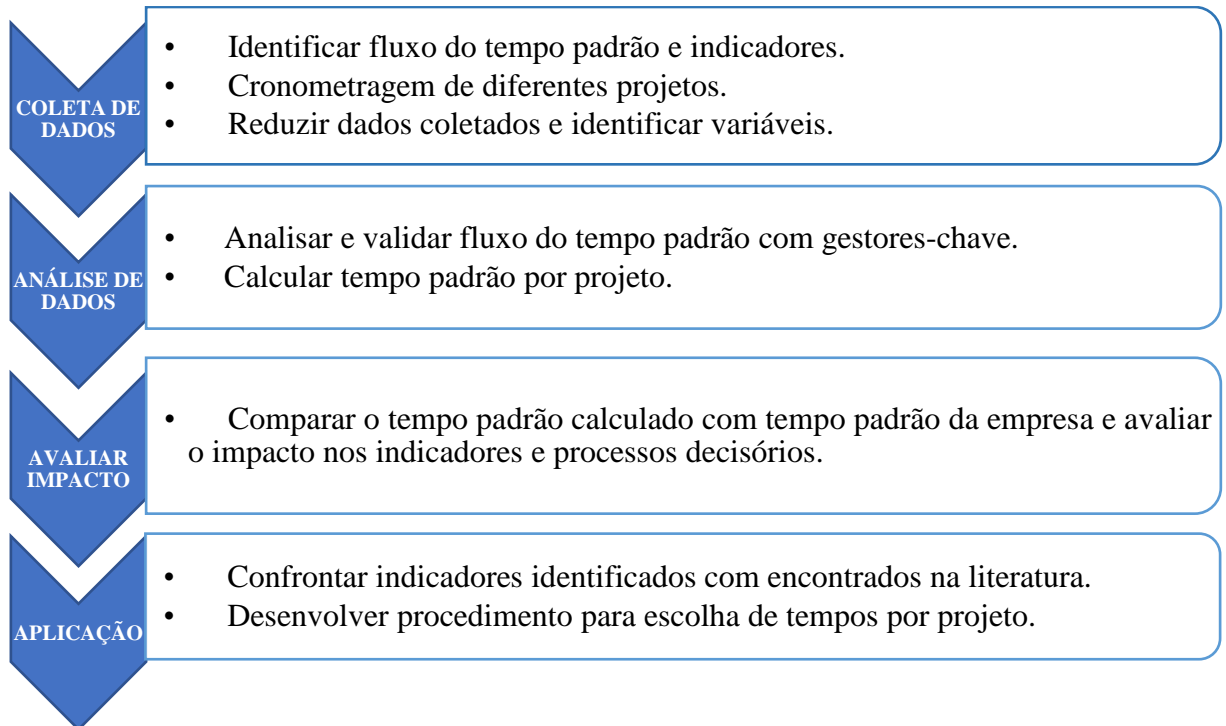
Figura 3 - Condução do estudo de caso



Fonte : MIGUEL *et al.* (2012, pág. 134)

A Figura 5 apresenta a sequência de atividades que deverão ser seguidas para atingir os objetivos deste trabalho e que farão parte do próximo capítulo.

Figura 4 - Etapas para atingir o objetivo



Fonte : Autor

## 4 APLICAÇÃO

Este capítulo apresenta uma introdução a respeito da empresa e da linha de produção que é foco da realização deste trabalho. Após essa introdução, será apresentada a aplicação do método estudo de caso que seguirá a estrutura do desenvolvimento do estudo apresentada no capítulo 3.

### 4.1 Empresa

A empresa na qual este trabalho foi desenvolvido presta atendimento ao setor elétrico. É uma indústria fabricante de transformadores para instrumentos de alta tensão. A linha de produção escolhida como objeto de estudo é a linha de transformador de corrente (TC). O caso estudado é o processo de bobinagem, sendo o tempo padrão o elemento principal a ser estudado. Este processo atende a quatro famílias de transformadores de corrente que por sua vez são diferenciadas pela classe de tensão de aplicação em quilovolts (kV): 72 kV; 145 kV; 245 kV e 550 kV.

O processo de bobinagem é realizado por uma máquina e um operador, sendo que cada máquina produz uma bobina por ciclo. Em síntese a bobinagem é um processo no qual um núcleo magnético recebe uma quantidade específica de espiras formadas por um fio metálico, a fim de obter uma relação de transformação através da indução do núcleo.

No processo de bobinagem existem customizações para cada família, ou seja, cada cliente pode especificar uma atuação customizada para cada classe de tensão. A customização de cada transformador está relacionada às seguintes variáveis:

- quantidade de núcleos;
- perímetro do núcleo;
- quantidade de espiras para cada núcleo;
- quantidade de derivações para cada núcleo;
- tipo de fio para cada derivação;
- quantidade de cabos soldados por derivação;
- quantidade de camadas bobinadas.

A quantidade de núcleos varia para cada projeto, podendo ser de um a seis núcleos para cada classe de tensão. O tipo de núcleo varia conforme a seção necessária para atender a relação de transformação juntamente com perímetro está relacionado à distância percorrida por cada espira. A quantidade de espiras está diretamente relacionada à relação de transformação e podem ser subdivididas em até cinco derivações. O tipo de fio a ser utilizado varia de acordo com a seção exigida para cada derivação. A quantidade de cabos soldados está diretamente relacionada ao número de derivações e à cada seção. Da mesma forma, a quantidade de camadas bobinadas está relacionada ao tamanho do núcleo e à quantidade de espiras a serem bobinadas.

A Tabela 6 apresenta três configurações de possíveis projetos customizados por classe de tensão a fim de exemplificar.

Tabela 6 - Exemplos de projetos por classe de tensão

CLASSE DE TENSÃO	72kV			145kV			245kV			550kV		
PROJETO	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
QUANTIDADE DE NÚCLEOS	2	3	4	2	4	4	4	5	5	5	6	6
PERIMETRO DO NÚCLEO (mm)	50	80	70	50	80	130	200	120	80	200	60	200
QUANTIDADE DE ESPIRAS	200	150	120	120	480	320	160	400	160	2000	1600	200
QUANTIDADE DE DERIVAÇÕES	2	3	2	2	5	4	3	2	2	6	5	2
QUANTIDADE DE CABOS	2	2	4	3	5	6	5	6	3	3	2	3
QUANTIDADE DE CAMADAS	2	3	2	2	6	4	3	4	2	6	6	2

Fonte: Autor

Comparando o projeto F com o projeto G é evidente que os dois possuem a mesma quantidade de núcleos, porém todas as outras variáveis divergem. Como cada variável está diretamente relacionada à uma atividade oriunda do processo, é imperativo que os tempos de processamento serão divergentes entre os projetos.

A análise para uma mesma classe de tensão, como a comparação dos projetos G e I de equipamentos de 245 kV, aponta que os projetos possuem a mesma quantidade de espiras, mas divergem na quantidade de núcleos bobinados que os aparelhos possuem, além de divergirem também em outros parâmetros, o que acaba por implicar em tempos de processamento diferentes.

O cenário atual da empresa é que para cada classe de tensão existe um tempo padrão da empresa (tpe), que é pré-determinado e faz com que o dimensionamento dos tempos para execução de projetos de uma mesma classe de tensão, como de projetos A, B e C sejam sempre

os mesmos, independentemente de sua configuração. O processo de customização afeta todas as fases do processo produtivo, mas o processo de bobinagem é o mais impactado pelas diferentes configurações impostas pelas necessidades dos clientes.

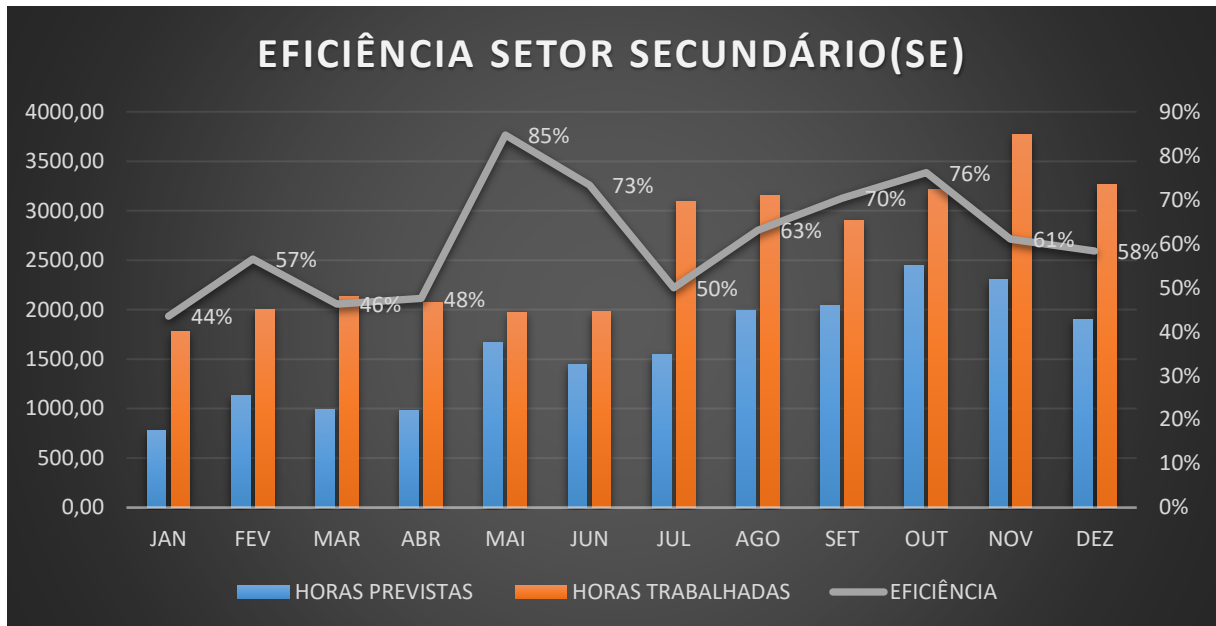
#### **4.2 Definição da estrutura conceitual-teórica**

A necessidade da pesquisa teve início devido à inconsistência do processo produtivo de bobinagem, uma vez que, entre uma semana e outra eram produzidas quantidades irregulares de equipamentos mesmo existindo demanda e tempos disponíveis (pouca ou nenhuma variação da demanda aliada à manutenção da quantidade de mão de obra disponível). Assim, a programação de produção não era cumprida e a eficiência operacional apresentava-se defasada quanto à meta.

A eficiência do setor é apurada pela controladoria e utilizada como indicador da empresa, sendo que a meta definida é 85%. Ela é calculada em percentual ao dividir as horas previstas para produzir (quantidade de peças produzidas multiplicadas pelo tempo padrão da empresa) pelas horas trabalhadas (horas presenciais do setor) para o período selecionado (será melhor detalhado no tópico coleta de dados item 4.5).

A Figura 6 apresenta um gráfico contendo as horas trabalhadas e as horas previstas em quantidade (representadas pelo eixo esquerdo) e a eficiência operacional do setor de secundário (no qual a bobinagem está inserida) em percentual (representada pelo eixo direito). O período representado é o ano de 2018, escolhido junto à empresa para ser utilizado nas análises propostas por esse trabalho, sendo que o tempo padrão será calculado para os projetos de tal período.

Figura 5 - Eficiência operacional setor de secundário ano de 2018



Fonte: Autor

O dimensionamento da linha e sua capacidade produtiva, que estão diretamente ligados ao tempo padrão não apresentavam coerência. A programação da produção é baseada no tempo padrão de cada classe de tensão e em sua demanda. O não cumprimento da programação acarretava atrasos de entrega e ociosidade no processo gargalo da linha de produção.

Também, surge a necessidade de entender em quais outros departamentos e processos decisórios o tempo padrão está presente como dado de entrada. Existem outras decisões que sofrem influência do tempo padrão já que a empresa o utiliza nos processos de criação dos indicadores que são utilizados nas tomadas de decisões operacionais e estratégicas da empresa. Em vista disso, a influência que a customização demandada pelos clientes gera em outros indicadores e processos decisórios dentro da empresa tornou-se algo a ser mensurado e constatado neste trabalho.

Conseqüentemente surgiu o objetivo da pesquisa de avaliar o impacto da variabilidade do tempo entre produtos de mesma família nos indicadores e processos decisórios da empresa. Não menos importante, avaliar como e onde o tempo padrão da empresa (tpe) é inserido nos cálculos que compõem os indicadores e as tomadas de decisões a fim de propor uma alternativa à unicidade do tempo levando em conta as coletas de dados.

Desta forma, a análise quantitativa proposta neste trabalho está relacionada à mensuração dos indicadores que serão mapeados, propondo calcular os indicadores utilizando o tempo padrão calculado (tpc) através dos dados coletados. A análise qualitativa está relacionada à qualidade de dados e informações que implicam em tomadas de decisão. Ou seja, o intuito é demonstrar a importância de utilizar tempos que sejam mais coerentes para cada customização (através da cronoanálise) ao invés de um tempo padrão pré-estabelecido para cada família de produtos.

O mapeamento da literatura apresentado no capítulo 2 envolveu uma pesquisa sobre os principais artigos, publicações e teses que abordam o estudo de tempos e técnicas de mensuração, baseados em características específicas de diferentes produtos e instituições.

Durante o levantamento bibliográfico ficou constatado que existe uma lacuna na literatura a respeito da associação de tempos de processamento de produtos customizados aos processos decisórios e indicadores que utilizam o tempo padrão em sua composição. Mesmo os trabalhos que apresentavam a necessidade de determinar o tempo em processos com alta complexidade e diferentes variáveis de entrada não evidenciaram a tipologia de produção do objeto de estudo.

Por fim, nenhum dos artigos pesquisados apresentou um trabalho que correlacionasse o tempo padrão com todas as tomadas de decisões que utilizam o tempo padrão como dado de entrada em empresas ETO. Não foi encontrada essa relação do impacto que as tomadas de decisões sofriam devido a utilização de um tempo único em processos customizados ou de empresas ETO.

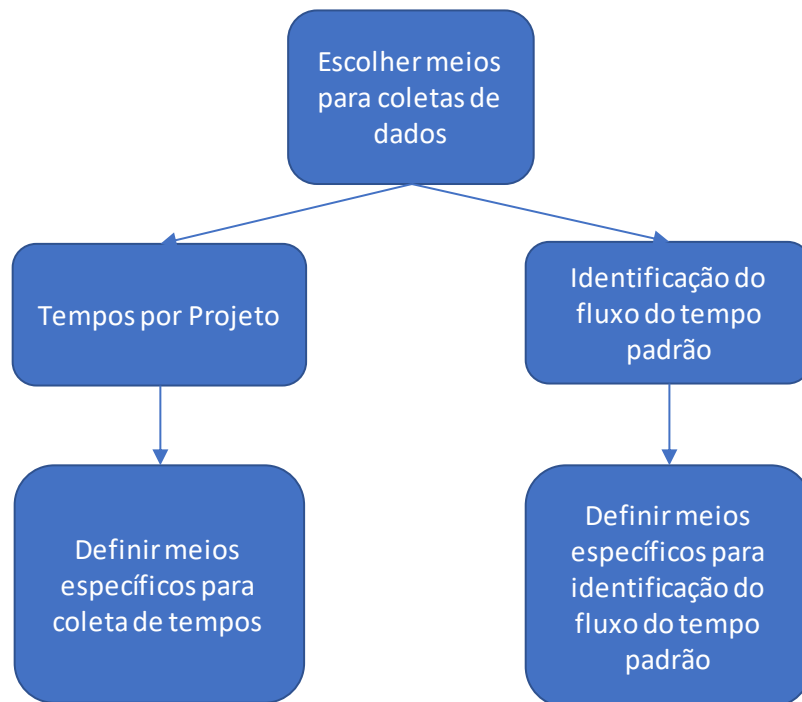
### **4.3 Planejar o estudo de caso**

A unidade de análise será o processo de bobinagem da fábrica de alta tensão, que foi definido como objeto de estudo por ser o processo que apresenta maior número de variáveis oriundas da customização demandada pelos clientes. A bobinagem está inserida no setor de secundário, juntamente com outros dois processos que não serão analisados. Como a identificação do fluxo do tempo padrão demanda investigação em outros departamentos da empresa, a unidade de análise para o tal será o setor administrativo.

O estudo de caso é definido como um caso longitudinal devido ao fato de estudar um acontecimento do presente da empresa e a escolha do caso único está correlacionado a estudos exploratórios e longitudinais por demandarem mais tempo.

Após selecionadas as unidades de análise, teve início a escolha dos meios para as coletas de dados. Neste ponto, a coleta foi dividida em duas vertentes devido aos objetivos deste trabalho. A Figura 7 ilustra a separação da coleta de dados dos tempos por projeto e a coleta de dados da identificação do fluxo do tp e dos processos decisórios que utilizam o tpe em sua composição.

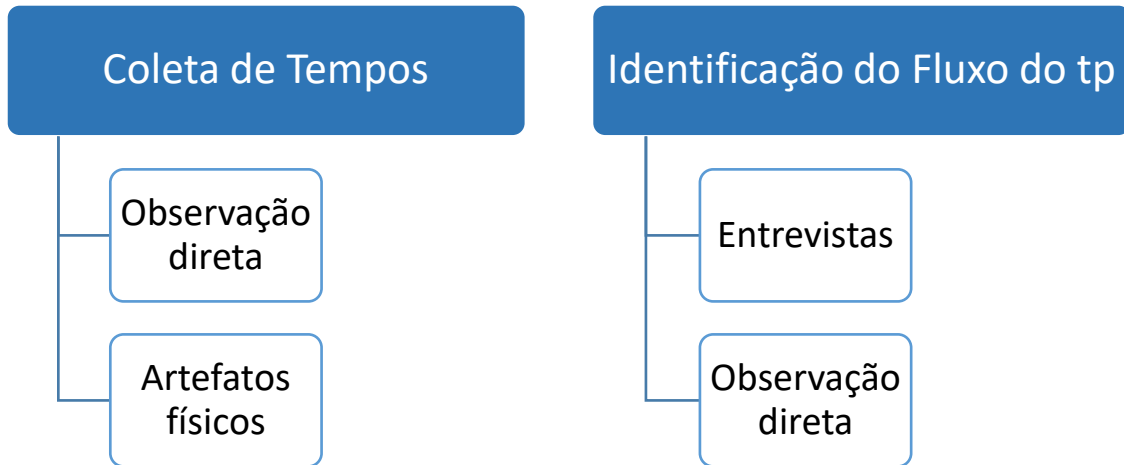
Figura 6 - Coleta de dados



Fonte: Autor

Através da divisão, os meios de coleta de dados para cada unidade ficam definidos como demonstrados na Figura 8.

Figura 7 - Meios de coletas de dados



Fonte : Autor

Para a definição das fontes de evidências foram levados em consideração os trabalhos de Yin (2001) e Miguel *et al.* (2012) que defendem o emprego de mais de uma fonte de evidência, a fim de comparar os resultados encontrados nas diversas fontes e então enriquecer e tornar os dados mais confiáveis.

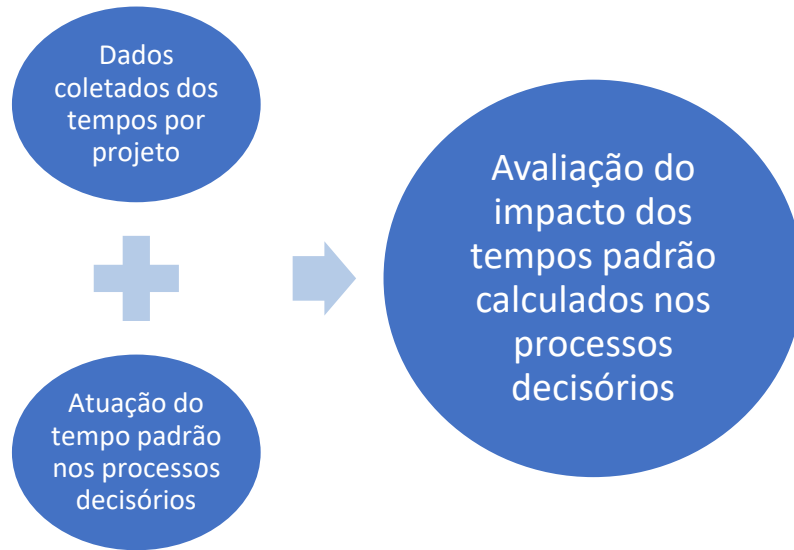
A próxima fase do estudo de caso é o desenvolvimento do protocolo. Seguindo os trabalhos de Miguel (2007) e Toledo e Shiaiishi (2009) foi desenvolvido o protocolo composto por quatro partes:

1. O contexto da pesquisa;
2. Procedimento de campo;
3. A parte a ser investigada e questões para levantamento de documento e roteiro de entrevistas;
4. Análise de dados.

Por se tratar de um estudo de caso combinado por duas vertentes para atingir o objetivo final, foram tratadas as duas abas em um protocolo só, pois a coleta de tempos e a identificação do fluxo do tp devem sofrer uma interação para atingir o objetivo. A diferença durante o processo de coleta de dados é que a fonte de evidência “artefatos físicos” será utilizada apenas para a coleta dos tempos, fazendo com que durante o estudo essa fonte de evidência não seja utilizada. A Figura 9 ilustra a condução da análise deste estudo de caso.



Figura 8 - Processo de interação de coleta de dados



Fonte: Autor

O protocolo é apresentado na Figura 10.

Figura 9 - Protocolo do estudo de caso

<b>PROTOCOLO ESTUDO DE CASO</b>
<b>1 – CONTEXTO DA PESQUISA</b>
<p><b>TÍTULO:</b> AVALIAÇÃO DO USO DA INFORMAÇÃO TEMPO PADRÃO NOS PROCESSOS DECISÓRIOS EM UMA EMPRESA “ENGINEER TO ORDER” DO SETOR ELÉTRICO.</p> <p><b>OBJETIVO:</b> avaliar o impacto causado pela consideração de um tempo único para customizações de projetos, nos indicadores e processos decisórios de uma empresa <i>engineer to order</i> do setor elétrico. Especificamente, a finalidade é identificar a forma como tempo padrão é utilizado na composição de indicadores e nos processos decisórios da empresa e a partir de análises apresentar um procedimento de escolha de tempos de acordo com a configuração de cada produto visando reduzir erros de cálculos e melhorar as tomadas de decisão.</p>
<b>2 – PROCEDIMENTO DE CAMPO</b>
<p>A pesquisa utiliza o estudo de caso como estratégia metodológica.</p> <p>Será aplicada em uma empresa do setor elétrico produtora de transformadores de medidas do Sul de Minas Gerais, no setor de bobinagem de transformadores e administrativo.</p> <p>As fontes de evidências são divididas em duas vertentes:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1) Coleta de tempos: observações diretas e artefatos físicos.</li> <li>2) Identificação do fluxo do tp: entrevistas e observações diretas.</li> </ol> <p>Serão utilizados cronômetros e este protocolo para coletar os dados.</p>

O pesquisador é Giuliano Lembo Caterina e equipe de estagiários.
<b>3– PARTE A SER INVESTIGADA, QUESTÕES E ROTEIRO DE ENTREVISTAS</b>
<p><b>1) Coleta de dados Tempos Bobinagem.</b></p> <p>a) Utilizando observação direta e artefatos físicos.</p> <p>Classe de tensão:</p> <p>Identificação da peça:</p> <p>Matrícula Operador:</p> <p>Projeto:</p> <p>Tempo (segundos):</p> <p><b>2) Coleta de dados Identificação do fluxo do tp.</b></p> <p>a) Observação direta e entrevistas.</p> <p>Nome:</p> <p>Cargo:</p> <p>Área:</p> <p>Pergunta 1: em quais fórmulas o tempo padrão é utilizado para a composição dos indicadores oriundos de seu departamento ou sua atividade?</p> <p>Resposta 1:</p> <p>Pergunta 2: dentre os indicadores que utilizam tais fórmulas qual o impacto quando o tempo padrão está superdimensionado?</p> <p>Resposta 2:</p> <p>Pergunta 3: dentre os indicadores que utilizam tais fórmulas qual o impacto quando o tempo padrão está subdimensionado?</p> <p>Resposta 3:</p>
<b>4 – ANÁLISE DO ESTUDO DE CASO</b>
O processo de análise será realizado através de um confronto entre os tempos coletados do processo de bobinagem e a identificação do fluxo do tempo padrão nos processos decisórios, a intenção é atingir o objetivo através de análises quantitativas e qualitativas ao analisar o resultado dos indicadores utilizando os tempos reais coletados para casa projeto.

Fonte: Autor

A partir da definição do escopo da coleta de dados e do protocolo foram definidas as ferramentas de controle e registro dos dados coletados. A Tabela 7 e a Tabela 8 apresentam o registro de dados da coleta de tempos. As tabelas representam todas as informações oriundas de cada projeto que serão submetidos à coleta de tempos.

Tabela 7 - Primeira parte da planilha de coleta de dados

		CLASSE DE TENSÃO				TIPO DO NÚCLEO				
Amostra	Secundário	72kV	145kV	245kV	550kV	1	2	3	4	5

Fonte: Autor

Tabela 8 - Segunda parte da planilha de coleta de dados

NÚMERO CAMADAS	NÚMERO SOLDAS	SEÇÃO DO FIO	NÚMERO DE FIOS	TEMPO (SEGUNDOS)	DATA

Fonte: Autor

Para o registro dos dados da coleta de tempos e o registro do fluxo do tp e dos indicadores que utilizam o tempo padrão em sua composição, foram utilizadas planilhas eletrônicas compilando o que foi observado e registrado durante as entrevistas. Essas planilhas são simples e representam um espelho do protocolo da pesquisa apresentado nesse trabalho.

Por fim, conforme mencionado no item 4.2, ficou definido que as análises deste trabalho deverão avaliar o período de 2018, especificamente de julho a dezembro de 2018 por representar um maior volume de trabalho (horas trabalhadas). Este período está relacionado aos meses que a demanda dos equipamentos apresentou maior constância e padrão na composição do *mix* de produção. Desta forma, junto a empresa, tal período ficou definido para as análises de avaliação do impacto dos tempos padrão calculados nos processos decisórios.

#### 4.4 Conduzir teste piloto

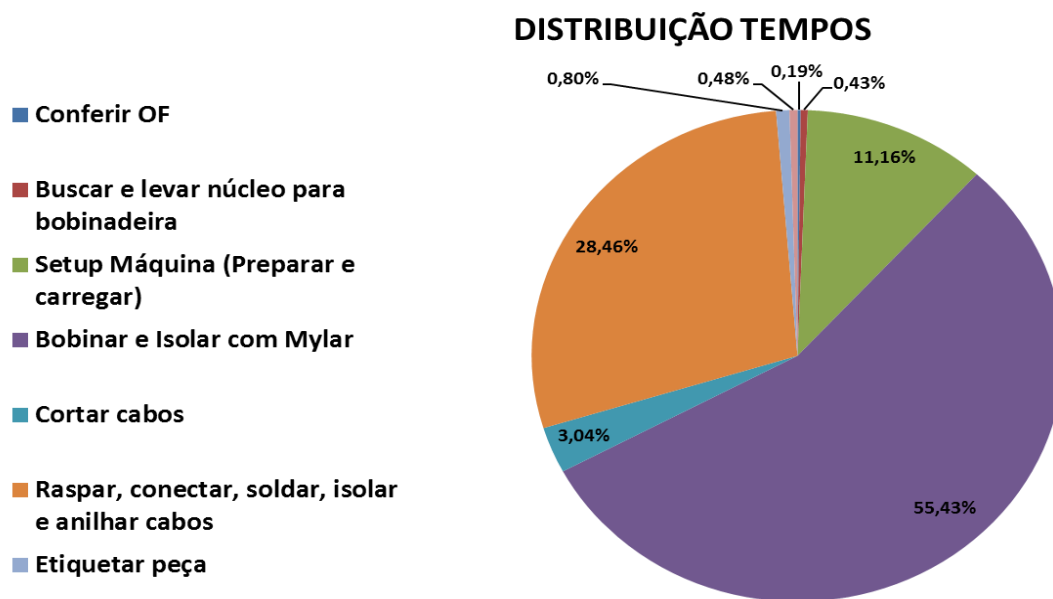
O teste piloto não é obrigatório, porém no que tange a coleta de tempos o teste piloto foi muito colaborativo, pois auxiliou no entendimento das variáveis que realmente influenciam no tempo do processo de bobinagem e conseqüentemente na definição das atividades do processo que puderam ser eliminadas do protocolo para coleta de tempos.

O Gráfico 1 apresenta um levantamento obtido através de uma coleta inicial de tempos, aonde foi utilizado um espaço amostral de 30 projetos, a fim de detalhar o processo de coleta de tempos e assim redefinir as variáveis que deveriam ser registradas.

Foram selecionados projetos de diferentes classes de tensão e configurações com o intuito de avaliar a distribuição dos tempos relacionados a cada atividade, ou seja, foram

cronometrados 30 tempos por atividade. Os projetos foram escolhidos aleatoriamente, porém todos os funcionários responsáveis pela execução do processo estavam devidamente treinados e padronizados no que tange o procedimento das atividades. As cronometragens foram distribuídas e espalhadas ao longo de duas semanas. Os tempos foram coletados em segundos e então foi realizada a soma por atividade. A soma total dos tempos cronometrados foi utilizada para gerar o percentual apresentado no gráfico. Desta forma, o Gráfico 1 foi gerado utilizando a média da divisão do tempo por atividade pelo tempo total dos projetos.

Gráfico 1- Distribuição de tempos por variável



Fonte : Autor

O processo de bobinagem é realizado conforme as etapas a seguir:

- 1- de posse da ordem de fabricação, após conferi-la, transportar o núcleo para a bobinadeira.
- 2- realizar *setup*:
  - a. Preparar os cabos a serem soldados.
- 3- iniciar a bobinagem.
  - a. Identificar a metragem do fio.
  - b. Carregar o carretel.
- 4- raspar, conectar, soldar, isolar e anilhar cabos.
- 5- parar máquina.

As coletas de dados foram realizadas para as etapas 3 e 4, pois os tempos de transporte e *setup* foram fixados e selecionados para não comporem as análises deste trabalho.

Assim, a Tabela 9 ficou definida como o registro de dados para a fase de coleta de tempos. Levou-se em consideração as atividades que compunham 95,05% do tempo de processamento conforme visualizado no Gráfico 1.

Tabela 9 - Tabela de coleta de tempos final

OPERADOR	AMOSTRA	N ESPIRAS	N CAMADAS	N SOLDAS	TIPO NÚCLEO	TEMPO (SEGUNDOS)

Fonte: Autor

O número de espiras, o número de camadas, o número de soldas e o tipo de núcleo (classificação dimensional) estão diretamente relacionados: ao *setup* da máquina; a bobinar e isolar; a raspar, conectar, soldar e anilhar os cabos.

Por fim, o teste piloto contribuiu na preparação e escolha dos operadores definidos para terem seus tempos coletados. Através das observações, os operadores, após os treinamentos, apresentavam um desempenho médio no processo e seguiam as etapas de forma idêntica.

## 4.5 Coletar dados

### 4.5.1 Coleta de Tempos

Após o teste piloto, ficou definido um novo escopo de coleta de tempos, conforme apresentado na Tabela 9.

As atividades do processo de bobinagem são divididas em etapas. Foram selecionados funcionários junto aos gestores para terem as atividades cronometradas. Conforme indicado no tópico do planejamento deste estudo de caso foram utilizados como meio de coleta dos dados a observação direta acompanhada de artefatos físicos, cronômetros digitais e apontamentos em planilhas escritas para posteriormente repassar os dados para as planilhas digitais. A equipe de coleta de tempos foi composta pelo pesquisador (líder) e estagiários que foram treinados para executarem a coleta de tempos de forma padrão.

Com a padronização das atividades do processo de bobinagem foi possível coletar as operações dos funcionários simultaneamente, uma vez que operavam máquinas distintas. Os tempos foram coletados durante o primeiro turno da empresa e as distribuições de projetos entre os operadores foram aplicadas de tal forma que cada um deles produzisse bobinas que envolvessem o maior número de projetos possíveis.

As coletas de tempos aqui apresentadas estão inseridas no período determinado para a análise. Tal período representa um espaço amostral de 974 peças produzidas no setor de bobinagem, dentre as quais foram coletados 2708 tempos de bobinas. É importante salientar que cada peça produzida pode conter de um a seis núcleos, o que explica uma quantidade de tempos coletados maior que o número de peças produzidas. A quantidade de projetos que esse espaço amostral representa será apresentada no tópico de análise dos dados durante o processo de análise dos tempos padrão considerados para cada projeto.

O próximo passo foi realizar a higienização dos dados, eliminando dados coletados com rasuras e informações sobre as amostras incoerentes. Foram eliminados um total de 45 dados coletados. O número de descartes é um reflexo do teste piloto, uma vez que, a quantidade de campos que deveriam ser preenchidos a respeito dos tempos dos projetos coletados sofreu uma redução após sua aplicação.

Por fim, vale ressaltar que a higienização não trata da normalização (etapa da cronoanálise apresentada no item 2.2.2), pois a normalização será aplicada no tópico referente à análise dos dados durante aplicação da cronoanálise.

#### **4.5.2 Fluxo do tp e processos decisórios**

A etapa de coleta de dados para a identificação do fluxo do tp teve início em uma observação direta dos departamentos da empresa. O pesquisador agendou horários com os gestores chave a fim de diagnosticar as entradas de dados envolvidas com tempo padrão da empresa.

A primeira constatação foi que o tempo padrão está preestabelecido em uma planilha de dados que alimenta o sistema de gestão. O departamento responsável pela modificação e controle dos dados relativos ao tpe é o Departamento de Engenharia e Projetos (DEP) da empresa. O DEP definiu os tempos durante a concepção da estrutura das famílias de produtos utilizando a experiência como fundamento único. O tempo padrão é individual e único para cada classe de tensão (família). As fases do produto TC são subdivididas em seis, sendo que o tpe do processo de bobinagem está inserido na primeira fase, intitulada secundária (SE).

A partir do primeiro contato com o tpe do caso estudado, foram identificados os departamentos que utilizam este dado de entrada na idealização de seus indicadores. O pesquisador conversou diretamente com os gestores chave em busca de mapear o caminho percorrido pelo tempo padrão através do sistema de gestão. Com essa coleta de informações ficou constatado que os departamentos que o utilizam são:

- Departamento de Engenharia e Projetos (DEP);
- Departamento de Garantia da Qualidade (DGQ);
- Departamento de Planejamento e Controle da Produção (DPCP);
- Departamento de Suprimentos (DSU);
- Departamento de Controladoria (DEC);
- Departamento Técnico Comercial (DTC);
- Departamento de Produção (DPR).

A engenharia alimenta uma planilha de tempo padrão e então os departamentos, quando se faz necessário, buscam a informação para utilizar no cotidiano. A Figura 11 exemplifica esse fluxo de dados.

Figura 10 - Locais de atuação do tempo padrão na empresa



Fonte: Autor

Por conseguinte, teve início a identificação do fluxo do tp e entrevistas específicas por departamento. Os objetivos, a partir disso, são coletar todos os dados e informações a respeito da atuação do tpe em cada departamento.

#### 4.5.2.1 Engenharia e Projetos

O departamento de engenharia é responsável pelo dimensionamento do produto em suas características de projeto e matéria prima. O dado tempo padrão é atrelado ao equipamento para as fases produtivas que compõe o mesmo.

É na engenharia que o tempo padrão, definido para cada classe de tensão, apresenta-se único, independente da configuração, ou seja, as classes de tensões 72 kV, 145 kV, 245 kV, e 550 kV possuem tempos padrão individuais, porém que não se alteram com a configuração do aparelho.

Desta forma o tempo padrão é repassado para os demais departamentos como um dado a ser utilizado nos dimensionamentos dos indicadores que serão apresentados a seguir.

#### 4.5.2.2 Planejamento e Controle da Produção

O gestor do departamento de planejamento e controle da produção foi entrevistado. O tempo padrão é a base para o andamento do processo produtivo. O tempo padrão está vinculado diretamente à quantidade de recursos necessários para que as demandas dos clientes da empresa sejam cumpridas. Recursos como mão-de-obra e maquinário necessários são calculados através da capacidade de produção que cada um desses recursos disponibiliza para a empresa.

O dimensionamento da linha produtiva baseia-se no tempo padrão para mensurar e identificar o número de funcionários, o gargalo produtivo, quantidade de máquinas e ferramentas e conseqüentemente a capacidade produtiva. Para o correto gerenciamento da produção, faz-se necessário a aplicação de uma metodologia para execução das atividades produtivas, através da padronização do trabalho considerando o tempo necessário para a execução de cada atividade.

O dimensionamento da mão-de-obra está expresso pela Equação 6, que apresenta a fórmula necessária para o cálculo do número de funcionários necessários para o cumprimento de uma demanda D em unidades de equipamento por período enviada ao planejamento através a entrada de pedidos.

$$N_{funcionários} = \frac{tp \cdot D}{tdf} \quad (6)$$

- Nfuncionários = número de funcionários



- $tp$  = tempo padrão
- $tdf$  = tempo disponível por funcionário
- $D$  = demanda

O tempo padrão multiplicado pela demanda é estabelecido na projeção de faturamento e nos pedidos de carteira durante o *budget* anual.

A empresa trabalha em dois turnos, a jornada de trabalho é de 8,8 horas por turno, porém para determinar o tempo disponível do funcionário é necessário multiplicar pela eficiência esperada, que considera dentro do tempo que o operador permanece na fábrica o quanto deve estar produzindo, estabelecido pela empresa como 85%. Desta forma o  $tdf$  é 7,48 horas. A demanda é variável e será apresentada na aplicação deste trabalho.

Análogo ao número de funcionários, para determinar a capacidade produtiva o tempo padrão é associado ao tempo disponível para a execução da atividade. A Equação 7 é utilizada para dimensionar a capacidade produtiva em número de peças:

$$CP = \frac{td}{tp} \cdot dd \cdot N_{\text{funcionários}} \quad (7)$$

- $CP$  = capacidade produtiva
- $td$  = tempo disponível
- $tp$  = tempo padrão
- $dd$  = dias disponíveis
- $N_{\text{funcionários}}$  = número de funcionários

O processo de treinamento da empresa demanda tempo para obter um operador qualificado a realizar a operação de bobinagem. Contratar em uma variação pequena da capacidade não é uma ação imperativa para a empresa após fechado o número de funcionários considerando a carteira e previsão de demanda. Desta forma o tempo disponível está diretamente relacionado à necessidade de hora extra, um dado errado na entrada da equação pode ocasionar uma ordem de hora extra inapropriada.

A Equação 8 apresenta a necessidade de hora extra em função da necessidade de produção e a capacidade produtiva.

$$HE = (D \cdot xtp) - td \quad (8)$$

- $HE$  = hora extra
- $D$  = demanda
- $tp$  = tempo padrão
- $td$  = tempo disponível

A soma de horas previstas por fase do processo produtivo é apresentada na Equação 9, considerando as classes de tensão produzidas pela linha de TC no processo de bobinagem:

$$HAP = (q72 \times tp72) + (q145 \times tp145) + (q245 \times tp245) + (q550 \times tp550) \quad (9)$$

- HAP = horas previstas
- q72 = quantidade produzida 72kV
- tp72 = tempo padrão 72kV
- q145 = quantidade produzida 145kV
- tp145 = tempo padrão 145kV
- q245 = quantidade produzida 245kV
- tp245 = tempo padrão 245kV
- q550 = quantidade produzida 550kV
- tp550 = tempo padrão 550kV

O *lead time* produtivo representa o tempo necessário para o equipamento percorrer a linha de produção. Esta informação é inserida no sistema pelo planejamento de produção para ser utilizado pelo departamento de suprimentos e para ser utilizado como base para o prazo de entrega.

Para calcular o *lead time* além dos estoques intermediários considera-se o tempo de processamento de cada etapa do processo produtivo. Desta forma, a Equação 10 representa o *lead time*:

$$LT = \sum tp + \frac{\text{estoques}}{D} \quad (10)$$

- LT = *lead time*
- $\sum tp$  = somatório dos tempos padrão
- estoques = quantidade de peças em estoque intermediário
- D = demanda

#### 4.5.2.3 Produção

Dois gestores do departamento de produção foram entrevistados. O processo de avaliação de desempenho e, por conseguinte, a determinação de necessidade de treinamento da mão-de-obra, também dependem do tempo padrão, pois é através do comparativo com o tempo considerado para execução das atividades que a empresa avalia o desempenho individual dos operadores. A produção também é responsável por alimentar o sistema integrado de gestão com as ordens de produção executadas diariamente assim como as horas trabalhadas pelos operadores.

O cálculo utilizado para a avaliação é apresentado na Equação 11.

$$df = \frac{(Q_{prod} \times tp)}{tdf} \quad (11)$$

- $df$  = desempenho funcionário
- $Q_{prod}$  = quantidade produzida
- $tp$  = tempo padrão
- $tdf$  = tempo disponível por funcionário

#### 4.5.2.4 Técnico Comercial

O departamento comercial é responsável por informar o cliente e o departamento financeiro a respeito do preço de venda do equipamento vendido. Foi entrevistado o gestor do departamento.

O custo do equipamento leva em consideração:

- matéria prima;
- mão de obra direta;
- mão de obra indireta;
- gastos gerais de fabricação;
- outros comerciais
- $K$ 's (constantes)

A utilização do tempo padrão está diretamente relacionada aos custos de mão de obra direta e indireta e nos gastos gerais de fabricação, de forma que existem taxas preestabelecidas para esses custos que são multiplicadas pelo tempo padrão.

A Equação 12 apresenta a fórmula do custo do equipamento.

$$C = cMP + cMOD + cMOI + cGGF + OC + K \quad (12)$$

- $C$  = custo equipamento
- $cMP$  = custo matéria prima
- $cMOD$  = custo mão de obra direta
- $cMOI$  = custo mão de obra indireta
- $cGGF$  = custo gastos gerais de fabricação
- $OC$  = outros custos
- $K$  = constantes

Assim, após ser definido o preço de venda, é definida a margem líquida apresentada na Equação 13.

$$ML = PV - C \quad (13)$$

- $ML$  = margem líquida

- PV = preço de venda
- C = custo equipamento

#### 4.5.2.5 Controladoria

O gestor do departamento de controladoria foi entrevistado. A eficiência operacional é calculada pela controladoria como medição do desempenho da fábrica assim como a avaliação da variação da rentabilidade da empresa intitulada *margin slippage*.

O cálculo da eficiência utiliza o tempo padrão para indicar a soma de horas previstas para produzir as peças que foram apontadas no sistema para cada fase do processo produtivo (as peças produzidas no período são contabilizadas no sistema integrado de gestão), e então compara o valor encontrado com os dados referentes à folha de pagamento, disponibilizados pelo departamento de recursos humanos.

Os locais de execução das atividades produtivas, chamados de centro de custo, são avaliados individualmente através dos dados passados pelo departamento de recursos humanos, que por sua vez possui em seu controle a relação de funcionários que trabalharam no centro de custo no período de avaliação. Os dados de horas trabalhadas levam em consideração as horas presenciais dos operadores, desconsiderando as horas em que os trabalhadores se ausentaram da empresa, independente do motivo. As horas presenciais por centro de custo (hpcc) contemplam as horas trabalhadas pelos operadores registrados no processo.

A eficiência é calculada pela divisão do apontamento pelas horas presenciais resultando na Equação 14:

$$EO = \frac{HAP}{hpcc} \quad (14)$$

- EO = eficiência operacional
- HAP = horas previstas
- hpcc = horas presenciais por centro de custo.

O resultado da eficiência tem como meta 85%, considerando 15% de ineficiência.

O cálculo da rentabilidade utiliza a taxa de custo considerada pelo departamento comercial no momento do fechamento do pedido e então compara com o custo real no período de análise.

A taxa de custo horário é preestabelecida na composição do *budget* anual. A partir desse ponto a taxa horária fixada é comparada com a taxa real do período. Tal taxa varia devido ao gasto com mão-de-obra, ou seja, se em determinado período foram provisionadas horas para

a produção de uma quantidade de peças e foram gastas mais do que as horas estipuladas a taxa real será maior que a predeterminada no *budget* e vice e versa.

A Equação 15 representa a variação entre o custo real e o custo predeterminado.

$$VC = \frac{(tp \times txb)}{(tu \times txr)} \quad (15)$$

- VC = variação do custo
- tp = tempo padrão
- tu = tempo utilizado
- txb = taxa custo *budget*
- txr = taxa custo real

O processo de análise dos dados irá evidenciar a diferença entre o tpe e o tpc do ponto de vista da sensibilidade do valor da variação do custo.

#### 4.5.2.6 Garantia da Qualidade

Para a coleta de dados referente ao tempo padrão no departamento da qualidade foi entrevistado o gestor da área. O tempo padrão influencia o relacionamento com o cliente, como por exemplo, em ordens de reparo (APVs). Após a identificação da origem do problema, o custo do reparo e o tempo de devolução da peça estão relacionados ao tempo padrão para a realização das etapas necessárias para a solução. Caso seja identificado um mau uso, o custo será repassado ao cliente e para situações de não conformidades internas o dado do tempo torna-se necessário para identificar os recursos necessários para o reparo do equipamento. A fórmula do custo dessa não qualidade seria relacionado ao custo da hora do funcionário que executa a ação, multiplicado pela taxa necessária para a execução da etapa apresentado na Equação 16.

$$CAPV = tp \times txb \quad (16)$$

- CAPV = Custo da APV
- tp = tempo padrão
- txb = taxa de custo *budget*

Outro ponto constatado durante a coleta de dados é que o departamento de qualidade da empresa é responsável pelo laboratório de testes elétricos, sendo que após o processo de bobinagem o teste verifica a qualidade da execução do processo, e o tempo necessário para essa verificação varia conforme o projeto. Assim como no processo de bobinagem, o tempo considerado é único o que ocasiona os mesmos impactos considerados na bobinagem.

#### 4.5.2.7 Suprimentos

Suprimentos utiliza o tempo padrão já processado como *Lead Time* produtivo, desta forma as compras de matéria prima são executadas baseadas nesta informação. Para essa coleta de dados foi entrevistado o gestor da área.

Utilizando o *Lead Time* o departamento de suprimentos determina a data para a chegada da matéria prima, intitulada data de empenho. A Equação 17 trata do cálculo da data de chegada da matéria prima.

$$De = Do + LT \quad (17)$$

- De = data de empenho
- Do = data inicial
- LT = *lead time*
- 

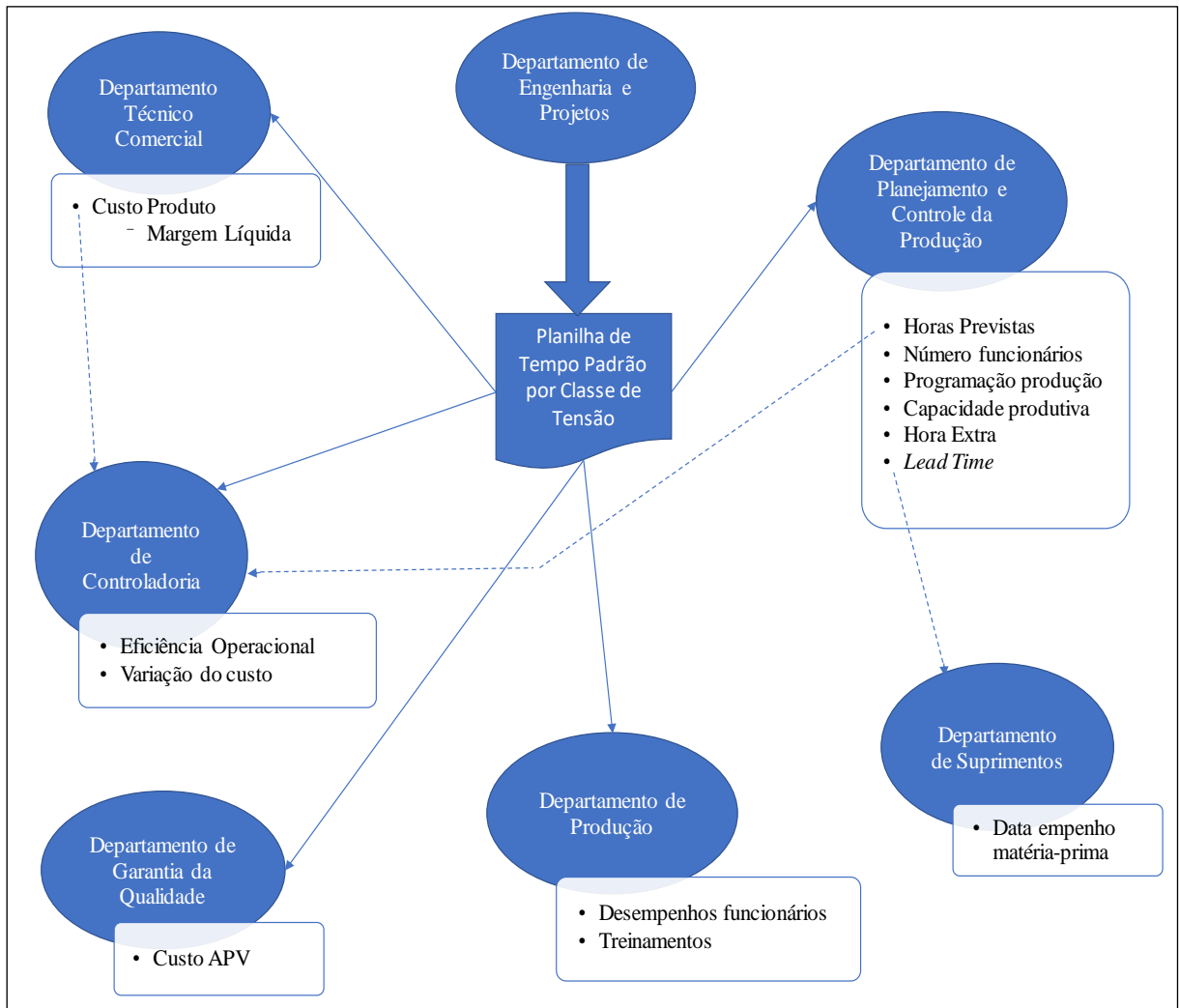
### 4.6 Analisar os dados

#### 4.6.1 Analisar e validar fluxo do tempo padrão

A partir da análise dos dados oriundos da identificação do fluxo do tp descrito anteriormente, foi desenvolvida a Figura xx contemplando o caminho percorrido pelo tpe nos departamentos e os respectivos indicadores.

Essa figura faz parte de um dos produtos entregues à empresa.

Figura 11 - Fluxo do dado tempo padrão e indicadores por departamento



Fonte : Autor

O Quadro 4 apresenta a compilação das entrevistas referentes as perguntas 2 e 3 do protocolo de pesquisa, aonde foram analisadas quais seriam os impactos entre tempo padrão da empresa (tpe) e tempo padrão calculado (tpc), no que diz respeito a sensibilidade do dimensionamento do tempo padrão e os respectivos impactos decisórios. A pergunta 2 é referente ao superdimensionamento do tpe e a pergunta 3 ao subdimensionamento.

Esse quadro também faz parte dos produtos entregues para a empresa. Mostrando uma análise de sensibilidade do mal dimensionamento do tempo padrão.

Quadro 4 – Impactos do super e sub dimensionamento do tempo padrão

(continua)

Departamento	Equações	$tpc < tpe$	$tpc > tpe$
<b>Planejamento e controle da produção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Horas Previstas</li> <li>• Número funcionários</li> <li>• Capacidade produtiva</li> <li>• Lead Time</li> <li>• Hora Extra</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantidade de horas previstas consideradas é maior que realidade</li> <li>• Contratar mais funcionários que o necessário</li> <li>• Capacidade produtiva esperada pela empresa é menor que a realidade</li> <li>• Prazo de entrega planejado pela empresa é maior que a realidade</li> <li>• Quantidade de horas extras planejadas pela empresa é maior que o necessário</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Quantidade de horas previstas consideradas é menor que realidade</li> <li>• Contratar menos funcionários que o necessário</li> <li>• Capacidade produtiva esperada pela empresa é maior que a realidade</li> <li>• Prazo de entrega planejado pela empresa é menor que a realidade</li> <li>• Quantidade de horas extras planejadas pela empresa é menor que o necessário</li> </ul>
<b>Produção</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Desempenho funcionário</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação de desempenho indica uma maior eficiência do funcionário quando comparada com realidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Avaliação de desempenho indica uma menor eficiência do funcionário quando comparada com realidade</li> </ul>
<b>Técnico Comercial</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo equipamento</li> <li>• Margem Líquida</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo do equipamento definido pela empresa é maior que a realidade</li> <li>• Margem líquida considerada pela empresa menor que a realidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Custo do equipamento definido pela empresa é menor que a realidade</li> <li>• Margem líquida considerada pela empresa maior que a realidade</li> </ul>
<b>Controladoria</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiência Operacional</li> <li>• Variação do custo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiência operacional do setor considerada pela empresa maior que a realidade</li> <li>• Variação do custo considerada pela empresa menor que a realidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Eficiência operacional do setor considerada pela empresa menor que a realidade</li> <li>• Variação do custo considerada pela empresa maior que a realidade</li> </ul>



Quadro 4 – Impactos do super e sub dimensionamento do tempo padrão

(conclusão)

Departamento	Equações	$tpc < tpe$	$tpc > tpe$
<b>Garantia da Qualidade</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Custo APV</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Custo informado ao cliente da ordem de reparo é maior que a realidade</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Custo informado ao cliente da ordem de reparo é menor que a realidade</li> </ul>
<b>Suprimentos</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Data chegada matéria prima</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A data determinada para chegar à matéria prima é inferior a data de necessidade no processo produtivo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>A data determinada para chegar à matéria prima é superior a data de necessidade no processo produtivo</li> </ul>

Fonte: Autor

tpe = tempo padrão empresa

tpc = tempo padrão calculado

#### 4.6.2 Calcular o tempo padrão por projeto

A próxima análise é o cálculo do tempo padrão para cada projeto. Conforme informado anteriormente, o espaço amostral definido junto a diretoria da empresa é julho a dezembro de 2018.

As premissas para a avaliação são :

- coleta de tempos integral sem paradas;
- operadores treinados e executando atividades padrões;
- estabilidade de recursos produtivos.

Primeiro, é necessário apresentar a quantidade de projetos que estão contidos no período de análise. Foram identificados 157 projetos diferentes contemplados dentro das 974 peças produzidas no período analisado.

Apesar de a distribuição de peças entre os operadores terem sido realizadas de tal forma que, cada um deles produzissem bobinas que envolvessem o maior número de projetos possíveis (conforme apresentado no item 4.5.1), três projetos não tiveram seus tempos coletados, o que impossibilita o cálculo do tempo padrão desses projetos. Tal barreira será contornada com a utilização do tempo padrão de projetos similares.

Para os projetos que tiveram seus tempos coletados, foram utilizados os 10 passos para calcular o tempo padrão apresentados no Quadro 3: definir objeto de estudo; verificar a padronização do trabalho e se o operador está devidamente treinado; selecionar o operador; registrar as informações oriundas da operação na planilha de observação. Operador, produto,

equipamento e condições; dividir a operação em atividade e registrar na planilha de observação; coletar tempo de algumas amostras e registrar na planilha de observação; coletar tempos necessários e nivelar amostras; calcular o tempo representativo de cada atividade e normalizar o tempo; determinar tolerância de fadiga e monotonia; determinar o tempo padrão da operação somando as tolerâncias ao tempo normalizado.

As atividades que compõem os cinco primeiros passos já foram apresentadas no decorrer deste trabalho. Desta forma, a partir desse ponto serão apresentados os passos subsequentes.

No sexto passo e no sétimo passo estão as atividades relacionadas ao cálculo do tamanho da amostra necessária. Neste ponto, como a coleta de tempos ocorreu de forma dinâmica e simultânea, todos os tempos coletados foram registrados em uma planilha eletrônica ao invés de calcular o tamanho da amostra primeiro.

A seguir, ao aplicar a Equação 3 apresentada no tópico 2.3.2 que diz respeito ao tamanho da amostra a ser coletada, é necessário salientar alguns pontos relacionados as suas variáveis.

Relacionado ao erro relativo aceitável ( $E_r$ ), após a aplicação da fórmula para as amostragens iniciais, o número necessário de amostras para alguns projetos se apresentou inferior ao total coletado. Sendo assim, ao modificar a variável  $E_r$  o número de amostras necessárias variava condizendo com a quantidade de amostras coletadas.

A Tabela 10 apresenta um resumo da distribuição dos erros relativos dentro do total de projetos para adaptar a quantidade de amostras coletadas com a quantidade de amostras necessárias.

Tabela 10 - Erro relativo aceitável por projeto

<b>ERRO RELATIVO ACEITÁVEL</b>	<b>QUANTIDADE DE PROJETOS</b>
<b>5%</b>	116
<b>10%</b>	27
<b>15%</b>	11

Fonte: Autor

Outro item importante a ser ressaltado, é a variável coeficiente em função do número de cronometragens ( $d$ ), devido ao fato de que alguns projetos tiveram números de amostras menores que 10, o que exigiu utilizar a Tabela 2 também apresentada no tópico 2.3.2.

A amplitude (A) foi calculada pela diferença entre o maior e o menor tempo coletado, o nível de confiança (Z) utilizado foi de 1,65 para uma probabilidade de 90%, de acordo com a Tabela 1 do tópico 2.3.2. As médias das amostras utilizadas foram as médias das primeiras amostragens coletadas de cada projeto.

Desta forma, conclui-se o cálculo de amostragens necessárias para cada projeto analisado.

O próximo passo foi o nivelamento dos tempos coletados. Neste ponto, como foi realizado o teste piloto, a escolha dos operadores trabalhando de forma padronizada e o rigoroso treinamento da equipe de coleta de dados, o total de itens *outliers* descartados foi consideravelmente baixo. Aproximadamente 2% do total dos tempos foram eliminados e essa eliminação não tornou o número de amostras necessárias maior que o número de amostras coletadas.

A Tabela 11 apresenta o resumo das etapas de cálculo do número de amostragens necessárias e do nivelamento, apresentando o número total de amostras coletadas, o número de amostras necessárias (soma de todos projetos) e a quantidade de dados eliminados após o nivelamento.

Tabela 11 - Quantidade de amostras para cálculo do tempo padrão

<b>Total de amostras necessárias</b>	<b>Total de tempos coletados</b>	<b>Total de tempos eliminados</b>
1421,63	2663	53

Fonte: Autor

Após esta etapa, tiveram início os cálculos dos tempos representativos para cada atividade e projeto. Para a normalização dos tempos não houve necessidade de somar nenhum fator, pois os fatores de habilidade, esforço, condições e consistência dos operadores foram considerados normais.

Os critérios considerados para o cálculo do tempo padrão foram definidos através de uma seleção baseada na Tabela 5 apresentada no Capítulo 2. A seleção dos critérios ficou estabelecida após uma análise junto aos especialistas do processo.

Então, após a observação das condições de trabalho, os critérios definidos foram médios para a fadiga mental, o que representa 5,2%, médios para esforço mental, o que representa 1,8% e 0,1% de abono para o critério de monotonia. Portanto, o fator utilizado para multiplicar pelo tempo selecionado a fim de obter o tempo padrão foi 1,071.

A partir dessas definições os tempos padrão foram calculados para os 154 projetos em análise. A Tabela 12 apresenta um resumo contendo o percentual de diferença dos tempos padrão por classe de tensão. Nesta tabela estão contemplados os tempos padrão calculados de projetos com maior variação para cima e para baixo do tempo padrão. Tanto os tempos como os próximos resultados dessa dissertação serão apresentados em percentuais, devido a necessidade de manter os dados da empresa em sigilo.

Tabela 12 - Tempo padrão calculado

Classe de Tensão	Condição	Variação em Relação ao Tpe
72 kV	>Tempo padrão calculado	+267,40%
	<Tempo padrão calculado	-85,39%
145kV	>Tempo padrão calculado	+123,19%
	<Tempo padrão calculado	-87,26%
245kV	>Tempo padrão calculado	+251,72%
	<Tempo padrão calculado	-15,52%
550kV	>Tempo padrão calculado	65,62%
	<Tempo padrão calculado	-6,54%

Fonte: Autor

Foram apresentadas apenas as maiores variações devido à quantidade extensa de dados.

Em uma rápida análise dos resultados apresentados na Tabela 12 é possível verificar as grandes diferenças entre os maiores e menores tempo calculados, como por exemplo a variação de +267,40% do maior projeto calculado para a classe de tensão 72 kV. De certa maneira essas discrepâncias serão melhores verificadas quando o volume de cada projeto for multiplicado pelo tempo padrão calculado. Ou seja, é necessário verificar quantas peças de cada projeto foram executadas para constatar uma diferença no cálculo dos indicadores.

Assim, com a conclusão do cálculo dos tempos padrão por projeto, é possível dar andamento no trabalho utilizando esses dados calculados para avaliar o impacto nos indicadores identificados.

### 4.6.3 Avaliar o impacto nos indicadores

A próxima fase deste trabalho é apresentar o impacto que os tempos padrão calculados exercem ao serem utilizados nos cálculos dos indicadores identificados.

Os valores calculados (tpc) serão utilizados para substituir os valores de tempo padrão utilizados pela empresa (tpe), nas equações apresentadas no tópico 4.5.2.

Para tanto, os valores de tpe considerados serão substituídos pelos valores de tempo padrão calculados (tpc) e multiplicados pelo volume de cada projeto executado no período de análise.

De início, serão recalculadas as horas previstas (HAP), assim o tempo previsto para realização das peças sofrerá mudança devido aos novos dados de tempos padrão calculados. As horas presenciais por centro de custo (hpcc) são mantidas. As horas previstas são necessárias para recalcular a eficiência operacional (EO), que foi apresentada no tópico 4.2. Esse parâmetro foi escolhido devido a ser o indicador que deu início a necessidade dessa pesquisa.

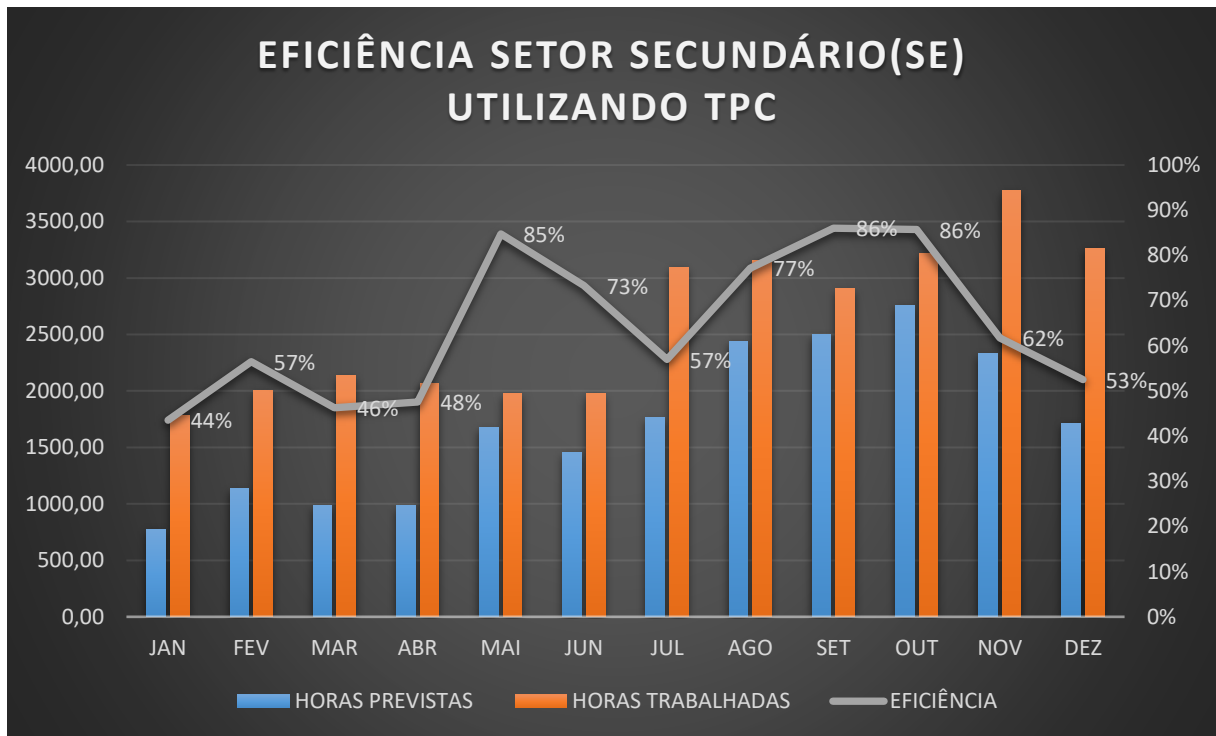
Assim, as horas previstas calculadas utilizando os tempos padrão calculados apresentou aumento de 10,28%.

A média da eficiência operacional de julho a dezembro foi 63,06% calculado com o tempo padrão da empresa.

Utilizando as novas horas previstas, a eficiência operacional do setor para o período de julho a dezembro de 2018 apresentou como resultado 69,54% o que representa um aumento de 10,28% na eficiência operacional também, quando calculada com o tempo padrão calculado.

A Figura 13 apresenta o novo gráfico da eficiência operacional baseada no tempo padrão calculado.

Figura 12 - Eficiência operacional do setor secundário utilizando tpc



Fonte: Autor

Analisando a Figura 13 é interessante observar o comportamento do gráfico nos meses de setembro e outubro, pois a eficiência operacional superou a meta (85%). Assim seria interessante avaliar exatamente os projetos executados durante esse período assim como a distribuição entre os operadores, a fim de identificar possíveis oportunidades de melhoria neste indicador.

O próximo passo será calcular o novo número de funcionários necessários. Para tal, serão considerados 130 dias trabalhados no período de análise com 7,48 horas de trabalho por dia (tdf). O número de funcionários é sempre arredondado para cima, ou seja, caso de 14,1 serão considerados 15 funcionários necessários.

O número de funcionários necessários para executar a demanda do período era de 13 funcionários utilizando o tempo padrão da empresa. Ao utilizar o tempo padrão calculado o número sobe para 14, o que representa um aumento de 7,69% no cálculo da necessidade de mão de obra.

A seguir, a próxima análise diz respeito à necessidade de hora extra. O número de operadores que trabalharam no setor foi de 15 funcionários, este número é maior que o número de funcionários necessários para executar a produção baseada no tpe, pois a empresa já lidava com a incerteza dos tempos padrão, superdimensionando a mão de obra como uma estratégia

para não ocorrer o não cumprimento de produção. No período analisado foram executadas 2256 horas extras sem necessidade.

Baseado nisso, caso o número de funcionários fosse dimensionado utilizando o tempo padrão calculado (14 funcionários) a quantidade de horas extras seria zero. Essa situação evidencia a importância do conhecimento do tempo padrão, pois horas extras foram realizadas sem controle e desnecessariamente.

Assim, com o conhecimento do tempo padrão, a mão de obra seria dimensionada a fim de mitigar as horas extras executadas e seriam executadas apenas em situações de extrema necessidade, como falta de materiais, afastamento de funcionários ou uma entrada de pedidos com urgência.

Dando sequência nas análises, será executado o calculado da capacidade produtiva. A capacidade produtiva é calculada com o número de funcionários do período sem considerar as horas extras executadas e tempo padrão da empresa. Então, o cálculo será executado considerando o mesmo número de funcionários sem hora extra, porém utilizando o tempo padrão calculado. Para o cálculo da capacidade produtiva serão utilizados os 130 dias trabalhos e 15 funcionários.

A capacidade produtiva para o período analisado utilizando o tempo padrão da empresa é de 2323 peças enquanto utilizando o tempo padrão calculado é de 2106 peças, o que representa uma diminuição de 9,32% na capacidade produtiva.

O próximo indicador que será calculado é o *lead time* produtivo por classe de tensão. Serão utilizadas as médias de tempos padrão calculadas por classe de tensão. O somatório de horas padrão executadas será dividido pelo total de peças de cada classe de tensão realizadas no período. Já para o *lead time* da empresa foi considerando o tempo padrão da empresa.

O total de peças produzidas no período por classe de tensão foram 974 peças e foram divididas por classe de tensão, tal quantidade assim como o estoque intermediário e a demanda por classe de tensão não serão divulgados. Portanto, ao realizar o cálculo do *lead time* para cada classe de tensão o *lead time* para o 72 kV aumentou em 1,98%, para 145 kV diminuiu em 3,58%, para 245 kV aumentou em 15,91% e para 550 kV aumentou em 5,51%.

Análogo ao *lead time* é possível avaliar o impacto na data de empenho, ou seja, a data de chegada da matéria prima iria variar no mesmo percentual que o *lead time* o que não apresentou uma mudança drástica na data de empenho, fazendo com que a data de empenho aumentasse apenas 0,03 dias para 72 kV, diminuísse em 0,07 dias para 145 kV, aumentasse 0,42 dias para 245 kV e aumentasse 0,16 dias para 550 kV.

A próxima equação a ser analisada é o desempenho do funcionário. Neste caso será avaliado o potencial de impacto comparando o tempo padrão médio considerado pela empresa com o tempo padrão médio calculado durante a realização deste trabalho, uma vez que para a equação do desempenho as variáveis quantidade produzida e tempo disponível por funcionário se mantiveram constantes entre os cálculos. Desta forma o desempenho medido pode variar em 36,96%, o que acaba por impactar em todas as avaliações de necessidade de treinamento e ações corretivas.

Por fim, as próximas análises dizem respeito aos custos do equipamento, a margem líquida, variação do custo e custo de APV. Para essas equações foram selecionados dois projetos, um de 72 kV (maior variação positiva do tempo padrão) e um de 145 kV (a maior variação negativa do tempo padrão).

Um ponto importante a ser ressaltado é que a diferença no custo e, conseqüentemente, da margem líquida pode ser um fator decisivo na entrada de pedidos. A empresa trabalha com sistemas de leilões reversos, assim, informações erradas de custo e margem podem ocasionar na desistência de um pedido ou até mesmo na aceitação de um pedido com margem negativa mostrando-se positiva.

Para análise do custo do equipamento foi utilizada a planilha de custeio padrão da empresa, sendo que o custo de matéria prima, outros custos e as constantes não fazem parte desta planilha e então mantiveram-se constantes para a análise.

O tempo padrão da empresa foi substituído pelo tempo padrão calculado para os projetos analisados.

No caso do projeto da classe de tensão 72 kV, utilizando o maior tempo padrão calculado (+267,4% do tpe), a diferença do custo, no centro de custo que a bobinagem está inserida, seria de um aumento em 146,63%, já no custo total do equipamento o aumento do custo seria de 36,5%. Desta forma, é possível afirmar que o custo real do equipamento é muito maior que o orçado fazendo com que a margem líquida esperada caísse em 36,85%.

Já para o caso do projeto da classe de tensão 145 kV, ao utilizar a maior variação negativa obtida após os cálculos dos tempos padrão (-87,26% do tpe), a diferença do custo, no centro de custo da bobinagem seria de um decréscimo de 53,9%. Em relação ao custo total do equipamento o decréscimo do custo seria de 13,07%. Assim o custo do equipamento se apresentaria muito menor que o orçado e a margem líquida esperada para esse produto aumentaria em 12,95%.



Em relação a variação do custo, modificando a variável tempo padrão e mantendo-se as demais fixas para o projeto de 72 kV analisado o resultado poderia apresentar uma variação de 267,4% e para o projeto de 145 kV de -87,26%.

Por fim, uma análise do custo de APV apresentaria uma variação do custo de +53,9% caso a peça de reparo exigisse um concerto relacionado ao centro de custo de bobinagem, fazendo assim com que fosse cobrado um valor do cliente bem abaixo do real. Análogo a esta análise pode-se verificar que o custo do projeto de 145 kV analisado, caso fosse necessário um reparo no centro de custo apresentaria uma variação negativa de 53,9% fazendo com quem fosse cobrado do cliente um valor bem acima do real.

O próximo tópico está relacionado aos objetivos de se estudar o tempo padrão encontrados na literatura e os indicadores identificados durante a coleta de dados deste trabalho. Ele irá confrontar os resultados encontrados em ambas análises.

#### **4.6.4 Desenvolver procedimento para escolha de tempos por projeto.**

O desenvolvimento do procedimento para a escolha de tempos de projetos tem início em uma planilha eletrônica contendo os tempos padrão calculados para cada um dos projetos inseridos no período de análise.

O intuito é que a empresa utilize essa planilha como base de dados para selecionar os tempos de novos projetos baseados nos tempos calculados. Desta forma, o departamento de cálculos e projetos utilizaria essa planilha como guia na determinação de tempos padrão.

Baseados nas análises das possíveis variações de projeto, a seleção dos tempos deverá levar em consideração o dimensional dos núcleos, para tal, os projetos foram divididos em quatro categorias relacionadas ao perímetro dos núcleos apresentadas na Tabela 13:

Tabela 13 - Categoria por faixa de perímetro

<b>Categoria</b>	<b>Faixa do perímetro (mm)</b>
<b>1</b>	0 a 100
<b>2</b>	>100 a 200
<b>3</b>	>200 a 300
<b>4</b>	>300

Fonte: Autor

A decisão de classificar os núcleos pelo perímetro deles foi devido ao comprimento de cada espira realizada durante o processo de bobinagem. Essa decisão foi tomada junto aos especialistas do processo.

Assim cada projeto recebeu sua classificação na planilha eletrônica. O departamento de cálculos e projetos deve primeiro comparar a categoria do núcleo que está sendo projetado e filtrar os projetos que apresentaram a mesma categoria. A partir desse ponto, deverá encontrar o número de espiras, camadas e soldas que coincidem com o projeto em desenvolvimento e então selecionar o tempo padrão.

Para casos em que os projetos não forem idênticos deverão ser selecionados os tempos dos projetos que mais se aproximam das características.

A fim de proporcionar uma ferramenta que evitasse as situações em que os projetos não fossem idênticos aos projetos que tiveram os tempos padrão calculados e que também agilizasse o procedimento de escolha dos tempos, uma equação foi desenvolvida. A seguir será apresentada a sequência para o desenvolvimento da equação e por fim os coeficientes encontrados para cada variável.

Os critérios de classificação por perímetro são mantidos e então as quatro categorias foram separadas em diferentes planilhas eletrônicas. Um aplicativo de criação de planilhas eletrônicas foi utilizado e foi executada uma regressão linear múltipla dentro dele.

Ao selecionar a ação regressão o aplicativo abre uma caixa de informações necessárias para executar a regressão. As informações que devem ser introduzidas dizem a respeito das variáveis de entrada e dos valores dos tempos padrão. Após a seleção dos dados, o aplicativo requisita informações a respeito do nível de confiança desejado (foi utilizado 95%), dos rótulos dos dados (nome das variáveis) se os mesmos estão inclusos nos dados e também se a constante da equação gerada é zero (foi selecionado zero para a constante da equação).

Após os critérios serem introduzidos o aplicativo apresentou os valores dos coeficientes para cada variável. Foram desenvolvidas quatro equações seguindo os mesmos critérios para todas. A Tabela 14 apresenta os valores dos coeficientes, de cada variável, obtidos.

Tabela 14 – Coeficientes obtidos nas regressões

<b>Categoria</b>	<b>Coeficiente número de espiras</b>	<b>Coeficiente do número de camadas</b>	<b>Coeficiente do número de soldas</b>
<b>1</b>	0,00058	0,148066	0,321515
<b>2</b>	0,000760102	0,022042084	0,485655327
<b>3</b>	0,000776	0,201249	0,329071
<b>4</b>	0,000819	0,185568	0,346166

Fonte: Autor

A Equação 18 representa a equação genérica para a determinação do tempo padrão, sendo que, para cada categoria de núcleos os valores de coeficientes (a, b e c) devem ser substituídos pelos valores da Tabela 14.

$$T_{pp} = a.Ne + b.Nc + c.Ns \quad (18)$$

- T<sub>pp</sub> = Tempo padrão projeto
- a = coeficiente número de espiras
- Ne = número de espiras
- b = coeficiente número de camadas
- Nc = número de camadas
- c = coeficiente número de soldas
- Ns = número de soldas

A equação é um produto do mestrado profissional. Trata de uma contribuição do projeto para a empresa em que foi realizado.

É importante salientar que, as equações devem ser colocadas em prática e então um acompanhamento em relação aos resultados obtidos deve ser realizado. É interessante acompanhar o comportamento também da mão de obra no decorrer da utilização da equação a fim de evitar conflitos. As conclusões deste trabalho serão apresentadas no capítulo a seguir.

## 5 CONCLUSÕES

Após o que foi exposto é possível resumir que foram três produtos entregues para a empresa como requerimento da conclusão do mestrado profissional em administração da Universidade Federal de Itajubá.

- A Figura XX que apresenta o fluxo do tempo padrão dentre os diversos departamentos da empresa;
- O Quadro XX que compila a análise de sensibilidade de quando o tempo padrão considerado pela empresa diverge do real.
- A equação que funciona como um procedimento de escolha de tempos padrão por projeto.

### 5.1 Sugestões para trabalhos futuros

Como sugestões para trabalhos futuros, a fim de avançar no tema abordado tem-se:

- confrontar os indicadores relacionados ao tempo padrão identificados durante este trabalho com o de outras empresas que seguem a mesma tipologia de produção, a fim de encontrar os melhores indicadores e soluções para os cálculos que levem em consideração o tempo padrão.
- utilizar outros métodos de cálculo de tempo padrão e depois aplicar uma regressão e comparar os resultados;
- analisar estatisticamente as equações apresentadas e aplicar outros métodos para desenvolver as equações;
- calcular tempos padrão de outros projetos não contemplados durante a execução deste trabalho e comparar com os resultados das equações;
- avaliar as técnicas de custeio mais apropriadas para a tipologia ETO, uma vez que o impacto da não consideração de um tempo padrão por projeto ocasionou um grande impacto no custo do equipamento.

## REFERÊNCIAS

- AKINC, U.; MEREDITH, J. *Make-to-forecast: customization with fast delivery*. **International Journal of Operations & Production Management** **35**, 2015, p. 728-750.
- AMRANI-ZOUGGAR, A.; ZOLGHADRI, M. *Analysing the shift of product management strategies concerning eto products*. **J. design research**, vol. 12, nos. 1/2, 2014, p.10–31.
- APPOLINÁRIO, Fábio. **Dicionário de metodologia científica: um guia para a produção do conhecimento científico**. São Paulo: Atlas, 2004.
- ATALAY, K. D.; ERASLAN, E.; ÇINAR M. O. *A hybrid algorithm based on fuzzy linear regression analysis by quadratic programming for time estimation: An experimental study in manufacturing industry*. **Journal of Manufacturing Systems** **36**, 2015, p. 182–188.
- BARNES, R. M. **Estudo de Movimentos e de Tempos: Projeto e Medida do Trabalho**. 6. ed. São Paulo: Edgard Blücher Ltda, 1977. 635 p.
- BARBOZA, C.; AZEVEDO, A. *Hybrid modelling of MTO/ETO manufacturing environments for performance assessment*. **International Journal of Production Research**, 2018, p. 1-26.
- BATISTA, D. C; SILVA, J. G. M; CORTELETTI, R. B. Desempenho de uma serraria com base na eficiência e na amostragem do trabalho. **Floresta Ambiente**, v. 20, n. 2, 2013, p. 271-280.
- BIRKIE, S. E.; TRUCCO, P. Understanding dynamism and complexity factors in engineer-to-order and their influence on lean implementation strategy. **Production planning & control (Print)**, 27(5), 2016, Pages 345-359.
- BREMER, C. F.; LENZA, R. DE P. Um modelo de referência para gestão da produção em sistemas de produção *assembly to order* – ato e suas múltiplas aplicações. **Gestão & Produção** v.7, n.3, dez. 2000, p.269-282.
- BURES, M.; PIVODOVA, P. *Comparison of time standardization methods on the basis of real experiment*. **Procedia Engineering**, v. 100, 2014, p. 466-474.
- BUCHANAN, L.; O’CONNELL, A. *A brief history of decision making*. **Harvard Business Review**, Jan 2006. p. 20- 29.

CHEN, Chin-Sheng. Concurrent Engineer-to-Order Operation in the Manufacturing Engineering Contracting Industries. **International Journal of Industrial and Systems Engineering** 1 (1/2), 2006, Pages 37–58.

CONTADOR, J. C. **Gestão de operações:** A engenharia de produção a serviço da modernização da empresa. 3ª edição. São Paulo: Blucher, 2010. 582 p.

DURAN, C.; CETINDERE, A.; AKSU, Y. E. *Productivity improvement by work and time study technique for earth energy-glass manufacturing company.* **Procedia Economics and Finance**, v. 26, 2015, p. 109-113.

FREITAS, W. R. S. ; JABBOUR ,C. J. C. Utilizando estudo de caso(s) como estratégia de pesquisa qualitativa: boas práticas e sugestões. **ESTUDO & DEBATE**, Lajeado, v. 18, n. 2, p. 07-22, 2011.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social.** 6. ed. - São Paulo: Atlas, 2008. 216 p.

GERHARDT, M. P.; FOGLIATTO, F. S.; CORTIMIGLIA M. N. Metodologia para o balanceamento de linhas de montagem multi-modelo em ambientes de customização. **Gest. Prod.**, São Carlos, v. 14, n. 2, p. 267-279, maio-ago. 2007.

GODINHO FILHO, M.; FERNANDES, F. C. F. Redução da instabilidade e melhoria de desempenho do sistema MRP. **Revista Produção**, Vol. 16, No. 1, pp. 64-79, 2006.

GULHANE, S. S.; JADHAV, S. S.; SHARMA, G. S.; DABERAO, A. M. *Improving Productivity of Garment Industry with Time Study*, **International Journal on Textile Engineering and Processes ISSN 2395-3578 Vol. 3.** SVKMs NMIMS MPSTME, Centre for Textile Functions, Shirpur-425405, Maharashtra, India, Issue October 2017, Pages 1-6.

HICKS, C., MCGOVERN, T., EARL, C.F. *A typology of UK engineer-to-order companies.* **International Journal of Logistics** 4, 2001, Pages 43–56.

HICKS, C; MCGOVERN, T. *Product life cycle management in engineer-to-order industries.* **International Journal Technology Management**, Vol. 48, No. 2, 2009, Pages 153–167.

KANG, K. S.; KIM, T. H.; RHEE, I. K. *The Establishment of Standard Time in Die Manufacturing Process Using Standard Data.* **Computers & Industrial Engineering** Vol. 27, Elsevier Science Ltd. Printed in Great Britain. Nos 1-4, 1994 Pages 539-542.

KO, C. S.; CHA, M. S.; RHO, J. J. *A case study for determining standard time in a multi-pattern and short life-cycle production system*. **Computers & Industrial Engineering** **Volume 53**, Issue 2, September 2007, Pages 321–325.

KRAJEWSKI, L. J.; MALHOTRA, M. K. E RITSMAN, L. P., *Operations Management Process and Supply Chains*, 11ª edição, Editora Pearson, 2015.

KULKARNI, P. P.; KSHIRE, S. S.; CHANDRATRE, K. V. *Productivity improvement through lean deployment & work study methods*. **IJRET: International journal of research in engineering and technology**. Volume: 03 Issue: 02. Feb-2014. p. 429-434.

LEAL, F. **Um diagnóstico do processo de atendimento a clientes em uma agência bancária através de mapeamento do processo e simulação computacional**. 209f. (Dissertação de mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da Universidade Federal de Itajubá) Itajubá: UNIFEI, 2003.

LEAL, T. C.; LEAL, F.; ALMEIDA, D. A. Modelagem do trabalho humano em sistemas de manufatura através da simulação a eventos discretos. **XXIX Encontro Nacional de Engenharia de Produção**, Salvador, 2009.

MARTINS, P. G.; LAUGENI, F. P. **Administração da produção**. 2. ed. São Paulo: Saraiva, 2005. 562p.

MELLO, M. C. **Estudo do tempo no trabalho da enfermagem**: construção de instrumento de classificação de atividades para implantação do método amostragem do trabalho. 154f p. (Dissertação de mestrado apresentada a Escola de Enfermagem da Universidade de São Paulo) São Paulo; s.n.; dez. 2002.

MEREDITH, J.; AKINC, U. *Characterizing and structuring a new make-to-forecaste production strategy*. **Journal of Operations Management** **25**, 2007, Pages 623-642.

MICHELINO, G. **Estudo de Tempos e Supervisores**. 2. ed. São Paulo: Publicações Educacionais Limitada, 1964. 204 p.

MIGUEL, P. A. C. Estudo de caso na engenharia de produção: Estruturação e recomendações para sua condução. **Produção**, v. 17, n. 1, p. 216-229, Jan/Abr. 2007.

MIGUEL, P. A. C. (ORG) *et al.* **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2ª. Ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012. 260 p.

MIGUEL, P. A. C.; LACERDA, D. P.; DRESCH, A. Uma Análise Distintiva entre o Estudo de Caso, A Pesquisa-Ação e a *Design Science Research*. **Revista brasileira de Gestão e Negócios**, São Paulo, v. 17, n. 56, p. 1116-1133, abr./jun. 2015.

OLIVEIRA, D de P. R. de. **Sistemas de informações gerenciais: estratégicas, táticas e operacionais**. 15ª edição. São Paulo: Atlas, 2012. 320 p.

PEINADO, J.; GRAEML, A. R. **Administração da produção: operações industriais e de serviços**. 1ª edição. Curitiba: UnicenP, 2007. 750 p.

PIRES, S. R. I. **Gestão da cadeia de suprimentos (*Supply Chain Management*): Conceitos, Estratégias, Práticas e Casos**. 2ª edição. São Paulo: Atlas, 2007. 310 p.

PORTO, M. A. G.; BANDEIRA, A. A. O processo decisório nas organizações. **XIII SIMPEP** - Bauru, SP, Brasil, 6 a 8 de novembro de 2006.

RAUPP, F. M.; BEUREN, I. M. **Metodologia da pesquisa aplicável às Ciências Sociais. Como elaborar trabalhos monográficos em contabilidade: teoria e prática**. 3ª edição. São Paulo: Atlas, 2006. P. 76-97.

SAIA, R. **Proposta de classificação para a tipologia de produção *Engineer to order* e definição das melhores práticas de manufatura em tais ambientes**. (Dissertação de mestrado apresentado ao programa de pós-graduação em engenharia de produção e Área de concentração em Processos e Gestão de Operações. Escola de engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo), São Carlos, 2013.

SLACK, N.; CHAMBERS, C; JOHNSTON, R. **Administração da Produção**. 2ed. São Paulo: Atlas, 2002. 747p.

SOUZA, C. D.; CASTRO, M. S.; COSTA, F. H. O.; GALHARDI, T. H.; ABREU, K. V. Estruturação de uma equação de previsão de tempo de secagem de sementes de milho: uma análise estatística das variáveis do processo por meio de regressão linear múltipla. **XXXIII encontro nacional de engenharia de produção a gestão dos processos de produção e as parcerias globais para o desenvolvimento sustentável dos sistemas produtivos**. Salvador, BA, Brasil, 08 a 11 de outubro de 2013.

TOLEDO, L. A.; SHIAISHI, G. de F. Estudo de caso em pesquisas exploratórias qualitativas: Um ensaio para a proposta de protocolo de estudo de caso. **Rev. FAE**, Curitiba, v.12, n.1, p.103-119, jan./jun. 2009.



TOLEDO Jr, I. F. B.; KURATOMI, S. **Cronoanálise base da racionalização, da produtividade da redução de custos**. 3. ed. São Paulo: Itysho, 1977.

VILAÇA, M. L. C. Pesquisa e ensino: considerações e reflexões. **Revista do Curso de Letras da UNIABEU**. Nilópolis, v. I, Número2, Mai -Ago 2010.

WILLNER, O.; POWELL, D.; GERSCHBERGER, M; SCHÖNSLEBEN, P. *Exploring the archetypes of engineer-to-order: an empirical analysis*. **International Journal of Operations & Production Management**, Vol. 36 Issue 3, 2016, Pages 242 – 264.

WU, S.; WANG, Y.; BOLABOLA, J. Z.; QIN, H.; DING, W.; WEN, W.; NIU, J. *Incorporating motion analysis technology into modular arrangement of predetermined time standard (MODAPTS)*. **International Journal of Industrial Ergonomics**, v. 53, n. 1, p. 291-298, 2016.

YANG, Li-Ren. *Key practices, manufacturing capability and attainment of manufacturing goals: The perspective of project/engineer-to-order manufacturing*. **International Journal of Project Management** Volume 31, Issue 1, January 2013, Pages 109-125.

YIN, R. K. **Estudo de caso: Planejamento e Métodos** – 2ª edição – Porto Alegre: Bookman 2001 163p.